

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

AKSİYOMATİK TASARIM İLKELERİYLE YALIN ÜRETİM SİSTEM
TASARIMININ İMALAT SEKTÖRÜNDE ÖRNEK BİR UYGULAMASI

BİTİRME ÇALIŞMASI

Derya ÖZDEM

Ayfer YILDIRIM

Esra Nur AYDIN

Zeynep ŞAHİN

MAYIS 2019

TRABZON

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

AKSİYOMATİK TASARIM İLKELERİYLE YALIN ÜRETİM SİSTEM
TASARIMININ İMALAT SEKTÖRÜNDE ÖRNEK BİR UYGULAMASI

Derya ÖZDEM

Ayfer YILDIRIM

Esra Nur AYDIN

Zeynep ŞAHİN

Jüri Üyeleri

Danışman: Unvan Adı-SOYADI

Üye : Unvan Adı-SOYADI

Üye : Unvan Adı-SOYADI

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Emrullah DEMİRCİ

MAYIS 2019

TRABZON

ÖNSÖZ

Mühendislik Bitirme Proje çalışmamızda tecrübesi ve bilgi birikimlerini bizimle paylaşan ve yol gösteren tez danışmanımız Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk YILMAZ' a ve Yavuz Metal Sanayi ve Ticaret A.Ş. çalışanlarının yardımları için teşekkür ederiz.

Esra Nur AYDIN

Zeynep ŞAHİN

Ayfer YILDIRIM

Derya ÖZDEM

Trabzon 2019

İÇİNDEKİLER

1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR.....	3
3.YALIN ÜRETİM SİSTEMİ.....	7
3.1.YALIN ÜRETİM NEDİR?.....	7
3.2. Yalın Üretim Nasıl Ortaya Çıktı?	7
3.3. Yalın Üretim Felsefesinin İlkeleri	8
3.3.1.Değer.....	8
3.3.2.Değer Akışı	8
3.3.3 Sürekli Akış	8
3.3.4.Çekme Sistemi	9
3.3.5.Mükemmellik Arayışı	9
3.4. İsraf.....	9
3.5.Yalın Üretim Teknikleri.....	11
3.5.1 Çekme Ve Kanban Sistemi	11
3.5.2. Üretim Düzgünleştirme, Karışık Yükleme ve Hazırlık Sürelerinin Düşürülmesi .	14
3.5.3.Tek Parça Akışı.....	15
3.5.4.Üretken Bakım (TPM)	16
3.5.5. U Tipi Üretim Hattı	17
3.5.6. Poke Yoke ve Otonomasyon (Jidoka)	19
3.5.7. 5S, Kaizen (Sürekli İyileştirme) ve Kalite Çemberi	20
4.AKSİYOMATİK TASARIM.....	23
4.1. Aksiyomlarla Tasarım İlkeleri	24
4.1.1. Bağımsızlık Aksiyomu.....	24
4.1.2 Bilgi Aksiyomu	24
4.2 Aksiyomatik Tasarım Parametreleri.....	25
4.3 Bilgi Sahalarının Haritalandırması ve Tasarım Hiyerarşisi	25
4.4. Tasarım Tipleri	27
5.1 Ürün Ailesi Seçimi.....	32
5.2. Mevcut Durum Analizi	32
5.3 Gelecek Durum Analizi	34
5.4. Değer Akış Planı ve Uygulama	35
6.PROBLEM TANIMI.....	36

7.PROJENİN AMACI.....	37
8. FİRMA TANITIMI	38
8.1. Ürünlerin İşlem Adımları.....	38
9.ÜRÜN AİLESİNİN SEÇİMİ.....	41
10.MEVCUT DEĞER AKIŞ HARİTASI.....	42
10.1. Değer Akış Haritasının Yorumlanması: Belirtiler ve Şikâyetler	46
11.UYGULAMA	48
11.1. Aksiyomatik Tasarım Uygulaması	48
11.1.1.Yalın Üretim Sistem Tasarımı	48
11.1.2. Üretim Sistemindeki Etkinliği Arttırması	49
11.1.3. Sürece Uygun Üretim Tiplerinin Belirlenmesi	51
11.1.4. Hücrese/ Seru Sistemlerinin Kurulması	52
11.1.5. Hücrelere Makinelerin Yerleştirilmesi.....	54
11.1.6. Malzeme ve Bilgi Akışının Etkin Hale Getirilmesi	55
11.1.7. Çekme ve Kanban Sistemine Geçiş	56
11.1.8. Sistemdeki Muda Kaynaklarının Elimine Edilmesi.....	58
11.1.9. Tam Zamanında ve Düşük Maliyetle Ürün Üretilmesinin Sağlanması	59
11.1.10. Süreç İçi Stok Kontrolü ile Akışı Sağla	61
11.1.11. Görsel İletişimin Sağlanması	62
11.1.12. Çekme/Kanban Kültürünün Benimsetilmesi.....	64
11.1.14. Üretim Sistemindeki Etkinliği Arttırmak	67
11.1.15. Ekipmanların İyileştirilmesi.....	68
11.1.16. Ekipmanların Kullanılabilirliğini Arttırmak	70
11.1.17. Hataya Anında Müdahale Edilmesi.....	71
11.2. Gelecek Değer Akış Haritası	74
11.3. Maliyet Analizi	79
12.PROJENİN GANNT ŞEMASI.....	82
14.KAYNAKÇA	85
EK-1	88

ÖZET

AKSİYOMATİK TASARIM İLKELERİYLE YALIN ÜRETİM SİSTEM TASARIMININ İMALAT SEKTÖRÜNDE ÖRNEK BİR UYGULAMASI

Günümüzde artan rekabet koşullarında, işletmeler bulundukları sektörde lider konuma ulaşmayı ve müşterilerine daha iyi hizmet sunabilmeleri amacıyla yeni üretim sistemleri arama yoluna gitmişlerdir. Firmalar bu yoğun rekabet koşullarında ürün temin süresini, maliyetleri ve israfları azaltıp kaliteyi, müşteri değerini arttırma ve müşteri taleplerine en iyi şekilde cevap vermeyi hedeflemektedir.

Geleneksel üretim sisteminin kullanıldığı firmaya yalın üretim sistemi uygulaması hedeflenmektedir. Bu bitirme çalışmasında istenilen hedef doğrultusunda aksiyomlarla tasarım ilkeleri kullanılarak iyileştirmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Aksiyomatik Tasarım, Değer Akışı Haritalandırma

ABSTRACT

A SAMPLE PRACTICE OF THE LEAN PRODUCTION SYSTEM DESIGN IN THE MANUFACTURING SECTOR WITH ACSIOMATIC DESIGN PRINCIPLES

Nowadays, in the conditions of increasing competition, enterprises have searched for new production systems in order to reach a leader position in their sector and to provide better service to their customers. Firms aim to reduce product supply time, costs and wastage in these intense competition conditions, increase quality, increase customer value and respond to customer demands in the best way.

It is aimed to implement lean manufacturing system to the company where traditional production system is used. In this finishing work, axioms were developed with design principles according to the desired target.

Key Words: Lean Production, Axiomatic Design, Value Stream Mapping

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1 Kanban Çeşitleri(Monden,1983) [18].....	12
Şekil 3.2. 1 Çalışanlı Ve 2 Çalışanlı U Tipi Üretim Hatları (Miltenburg, 2001) [22].....	8
Şekil 3.3. Örnek Bir Birleşik U Hattı (Miltenburg, 2001) [23].....	9
Şekil 3.4. PUKO Çevrim.....	2
Şekil 4.1. Aksiyomlarla Tasarım Bilgi Sahaları(Durmuşoğlu Ve Kulak 2004)[27].....	26
Şekil 4.2. Zikzaklar Ve Tasarım Ayırıştırılması (Suh. 1990) [28].....	26
Şekil 4.3 Ayırık Tasarım [30].....	28
Şekil 4.4. Ayrılmış Tasarım [31].....	29
Şekil 4.5. Bağlı Tasarım.....	30
Şekil 5.1. Değer Akışı Haritalama Tekniği Adımları.....	32
Şekil 9.1. Kuru Tip Su Sayacı	41
Şekil 10.1. Mevcut Değer Akış Haritası.....	43
Şekil 11.1. FR'nin Ayırıştırılması	49
Şekil 11.2. FR2 'Nin Ayırıştırılması	50
Şekil 11.3. FR21'in Ayırıştırılması	52
Şekil 11.4. FR211'in Ayırıştırılması	53
Şekil 11.5. FR2113'ün Ayırıştırılması	55
Şekil 11.6. FR22'nin Ayırıştırılması	56
Şekil 11.7. FR221'in Ayırıştırılması	57
Şekil 11.8. FR2211'in Ayırıştırılması	59
Şekil 11.9. FR2212'nin Ayırıştırılması	60
Şekil 11.10. FR22122'nin Ayırıştırılması	62
Şekil 11.11. FR22123'ün Ayırıştırılması	63
Şekil 11.12. FR2213'ün Ayırıştırılması	65
Şekil 11.13. FR222'nin Ayırıştırılması	66

Şekil 11.14. FR2'nin Ayrıştırılması	68
Şekil 11.15. FR23'ün Ayrıştırılması	69
Şekil 11.16. FR231'in Ayrıştırılması	71
Şekil 11.17. FR232'nin Ayrıştırılması	72
Şekil 11.18. Yalın Üretim Sisteminin AD ile Ayrıştırılması	73
Şekil 11.19. Gelecek Durum Haritası	75
Şekil 12.1. Gantt Şeması.....	83

TABLO DİZİNİ

Tablo 2.1. 2005-2018 Tarihleri Arasındaki Bazı Çalışmalar.....	5
Tablo 3.1. Çekme Kanbanı (Monden,1983) [19].....	13
Tablo 3.2. Üretim Kanbanı (Monden,1983) [20].....	13
Tablo 3.3. Üretimde Düzgünleştirme Ve Karışık Yükleme Örneği.....	14
Tablo 10.1. Her Proses İçin OEE Değerlerinin Hesaplanması.....	45
Tablo 10.2. Toplam OEE Değeri Hesaplaması İçin Zaman Ağırlıkları.....	45
Tablo 11.1. Maliyet Tablosu	80
Tablo 11.2. Genel Gider Tablosu	81
Tablo 12.1. Proje Takvimi.....	82

Kısaltmalar

PV: Süreç Değişkenleri

DP: Tasarım Parametreleri

FR: Fonksiyonel Gereksinimler

CA: Müşteri İhtiyaçları

OEE: Toplam Ekipman Etkinliği

MRP: Malzeme İhtiyaç Planlaması

1. GİRİŞ

Gelişen teknolojiyle birlikte pazardaki rekabet ortamı hissedilir derecede artmıştır. Firmalar; müşteri beklentilerini karşılayabilmek, maliyetleri azaltabilmek ve rekabet koşullarında ayakta kalabilmek için üretimde mükemmellik ve sürekli iyileştirmeyi hedefleyen, yalın üretim felsefesini benimsemektedir. Yalın üretimin temel amacı daha az veya aynı miktarda kaynakla doğru zamanda doğru yerde ve doğru miktarda ürün üreterek, müşteri talebini en az maliyetle karşılamaktır.

Yalın üretim 1930’larda Japonya’da ortaya çıkmış olup, İkinci Dünya Savaşı sonrasında eldeki kıt kaynakları en etkin şekilde kullanabilmek için, Taiichi Ohno tarafından ortaya atılmıştır. 1980’li yıllarda batıda da benimsenmeye başlanan yalın üretim günümüzde firmalar tarafından uygulanan etkili bir sistem olmuştur.

Değer katmayan tüm işleri ve iş adımlarını yok etmek üzerine geliştirilen yalın üretim; israfları, hata oranlarını, malzeme kayıplarını, müşteri bekleme süresini azaltarak üretim süresini kısaltmayı ve üretim süresince katma değerli işleri ve müşteri memnuniyetini arttırmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda klasik parti tipi üretim sonucunda kullanılan itme sistemi yerine tek parça akışını sağlayan çekme sistemine geçilmesi hedeflenmektedir. Çekme üretim sistemi uygulanan sistemde, ani talep değişiklikleri karşılanmış, sürekli iyileştirmeyi ihtiyaç haline getirerek israflar ve ara stoklardan kaynaklanan kayıplar azaltılmış, müşterinin ürün üzerindeki değer kavramı arttırılmış olacaktır.

Yalın üretimde değer akışını analiz etmemizde kullanılan en iyi teknik “Değer Akışı Haritalandırma” yöntemidir. Değer Akışı Haritalandırma yöntemi işletmede yapılan işlemlerde değer oluşturan ve oluşturmayan faaliyetleri tespit etmek için kullanılmaktadır. Haritalandırma yöntemi ürün ailesi seçimi, mevcut durum analizi, gelecek durum analizi ve faaliyet aşamalarından oluşmaktadır. Analiz edilecek ürün ailesi belirlendikten sonra gerekli veriler toplanarak mevcut durum analizi oluşturulur. Bu analiz ile sistemde bulunan tüm israf kaynakları tespit edilip iyileştirmeler yapılarak gelecek durum haritası oluşturulur.

Üretimde verimliliği arttırmak amacıyla kullanılan tasarım yöntemlerinden biri de aksiyomatik tasarımıdır. Aksiyomatik tasarım süreci ürün ve sistem tasarımı için sistematik bir yöntem sunar. Bu sayede oluşturulan tasarımların yanılma payı daha azdır ve en iyi tasarım seçimini sağlar. Aksiyomatik tasarımın en önemli avantajları; tasarım gerçekleştirilmeden önce oluşabilecek sorunların fark edilmesini ve buna dayanarak çözüm önerileri bulunmasını sağlamasıdır.

Bu konular araştırılırken daha önceden yazılmış olan tezlerden ve firmaların benzer sistemleri ele alarak yaptıkları çalışmalardan faydalanılacaktır. Tez içerisinde yalın üretim tekniklerinden, aksiyomlarla tasarım çalışmalarından ve değer akışı haritalandırma tekniklerinden bahsedilmektedir. Bu teknikler açıklandıktan sonra proje için seçtiğimiz Yavuz Metal San. A.Ş. 'da mevcut durum haritası çizilmiş ve aksiyomatik tasarım ilkeleri kullanılarak gelecek durum haritasında gerekli iyileştirmeler yapılacaktır.

Yalın üretimin, talebin düzgün ve fazla, ürün çeşitliliğinin ise az olduğu firmalarda daha kolay uygulanacağı bilinmektedir. Ancak bitirme projesi çalışmamızı gerçekleştirdiğimiz YAVUZ METAL SAN. A.Ş. de ürün çeşitliliğinin fazla olduğu geleneksel parti tipi üretim sistemi görülmektedir. İncelediğimiz sistemin karmaşıklığından dolayı aksiyomatik tasarım ilkeleri kullanılarak yalın üretim sistem tasarımı yapılacaktır.

Sonuç olarak, bitirme çalışmasında genel olarak yalın üretim felsefesi ve aksiyomatik tasarım konu başlıkları incelenmiş ve ikisinin entegrasyonu üzerinde çalışma yapılmıştır.

2.LİTERATÜR

Yalın Üretim Sistemleri ve Aksiyomatik Tasarım hakkında birçok araştırmacı çeşitli çalışmalarda bulunmuşlardır.

Ö.Kabadurmuş ve M. Bülent Durmuşoğlu [1] çalışmasında, mevcut üretim sistemini çekme üretim sistemine aksiyomlarla tasarım ilkelerini kullanarak uyarlamıştır. Tasarım ilkeleri ile adım adım ayrıntıya inerek, iki ayrı gerçek uygulama ile hayata geçirilmiş ve geliştirilmiştir.

E. Rauch, P. Dallasega ve Dominik T. Matt [2] çalışmasında, yalın ürün geliştirme süreçlerinin tasarım rehberini, aksiyomlarla tasarım ilkelerini temel alarak oluşturmuştur. Bu araştırmaya göre yalın ürün geliştirme süreçleri, aksiyomlarla tasarım ilkeleri ile oluşturulan rehbera göre oluşturulmaktadır.

F. Babür, E. Cevikcan ve M. Bülent Durmuşoğlu [3] çalışmasında, aksiyomlarla tasarım ilkelerini kullanarak, yalın odaklı iş sağlığı ve güvenliği sistemlerinin tasarımı için sistematik bir yaklaşım önermiştir. Aksiyomatik tasarım ile önerilen yol haritasının gerçek bir tersane sisteminde uygulanması planlanmıştır.

Selçuk Çebi[4] çalışmasında, aksiyomlarla tasarım ilkeleri olan bağımsızlık ve bilgi aksiyomlarına çeşitli katkılar yaparak yöntemi geliştirmiş ve geliştirilen yöntemi içeren bir karar destek sistemi oluşturmuştur. Bu sistemi otomobillerin sürücü koltuğu tasarımına ve gösterge tasarımına uygulamıştır.

Emre Bilgin Sarı [5] çalışmasında, bir üretim işletmesinde değer akış haritalama yöntemini uygulayarak değer katan ve değer katmayan işlemlerin ayrıştırılması ve işletme verimliliğinin arttırılması için yapılan iyileştirilmeler ele alınmıştır. Mevcut durum analizi yapılmış ve belirlenen problem noktaları için dengelenmiş üretim akışı tasarlanacak şekilde iyileştirmeler yapılmıştır. İşletme için mevcut ve gelecek durum kıyaslaması yapılmıştır.

T. Danacı [6] çalışmasında, aksiyomatik tasarım ilkeleri ile askeri ekipman lojistik ağı tasarımını yapmıştır.

Ferhat Güngör [7] çalışmasında, sızdırmaz conta malzemesinin aksiyomatik tasarım metoduyla seçilmesi tasarım yöntemini kullanarak gerçekleştirilmiştir. Sızdırmaz conta

malzemesi, fonksiyonel ihtiyaçlara uygun ve toplam en küçük bilgi aksiyomuna sahip olacak şekilde seçilmiştir.

Rohan A. Shirwaik ve Gül E. Okudan [8] çalışmasında, yaratıcı problem çözme teorisi (TRIZ) ve aksiyomatik tasarımın yalın sistem yaklaşımı ile ilişkisi incelenmiştir. Bu incelenmeler sonucunda yaratıcı problem çözme teorisi ve aksiyomatik tasarımının, yalın tasarım yaklaşımının geleneksel ürün tasarımı ve geliştirme süreci ile yakın ilişkili olduğu ortaya konulmuştur.

M. Houshmand ve B. Jamshidnezhad [9] çalışmasında, aksiyomatik tasarım yöntemine göre fonksiyonel ihtiyaçlar, tasarım parametreleri ve süreç değişkenlerinden oluşan yalın bir üretim sisteminin tasarım sürecini modellemek için hiyerarşik bir yapı geliştirmişlerdir. Süreç değişkenleri setini proses tasarımı olarak yorumlanmışlardır. Bu yapı tasarım sürecinde tüm yöntem ve kaynakları açıklanmış ve farklı durumlara uygulanabilmektedir.

J. Pek, D. Nightingale ve S. G. Kim [10] çalışmasında, bir akıl sağlığı hastanesi için organizasyonel bir tasarım ve acil serviste hasta akışının iyileştirilmesi problemlerine, aksiyomatik tasarım prensipleri kullanılarak çözüm aranmıştır.

O. Kulak, M. Bülent Durmuşoğlu ve S. Tüfekçi [11] çalışmasında, geleneksel üretim sistemlerinin süreçlerini hücresele yönelime dönüştürmek için aksiyomatik tasarım prensiplerine dayanarak bir yol haritası göstermektedir. Önerilen metodolojinin bir imalat firmasında uygulanması ve ortaya çıkan iyileştirmeleri de sağlanmaktadır.

A. Deshkar, S. Kamle, J. Giri ve V. Korde [12] çalışmasında, küçük ölçekli işletmelerin yalın olmasının yükseliş şeklini uygulamayı amaçlamaktadır. Bir plastik torba imalat birimi için Değer Akış Haritası (VSM) yöntemini kullanarak, işletmenin mevcut durum haritasını oluşturur ve burada bulunan problemlere önerilen çözümlere dayanarak gelecek durum haritası oluşturmuşlardır. Hem mevcut hem de gelecek durum haritası içinde barındırdığı tüm bilgiler çerçevesinde verim, hatasız üretim adedi vb. açılarından simüle edilir ve simülasyon sonuçları değerlendirilir.

Run-jie Lu, Yi-xiang Feng, Hao Zheng ve Jion-rong Tan [13] çalışmasında, ürünlerin işlev dışında duygusal ve psikolojik ihtiyaçlarını yani etkileşim tasarımını aksiyomatik tasarım ile birleştiren bir tasarım yöntemi sunmaktadır. Önerilen yöntem için ilk olarak

kullanıcı ihtiyaçlarını ortaya konulur ardından kavramsal tasarımı ekleyebilmek için aksiyomatik tasarım kullanılmaktadır. Bu method, çocuk bisikleti ile ilgili bir uygulamada gösterilip, onaylanmıştır.

Ş. İtir Satoğlu [14] çalışmasında, tek parça akışının belirli bölgelerde uygulandığı durumlarda karma üretim sisteminin tasarımı için Aksiyomlarla Tasarım ilkelerinin uygulanmaya çalışıldığı hedeflenmektedir. Benzetim tekniği kullanılarak kapasite yeterliliği incelenmiş, çalışmalarını bu sonuçlara dayanarak ilerletmiştir.

M. Kumar, R. Vaishya ve Parag [15] çalışmasında, KOBİ endüstrisinde üretkenliğin artırılmasının nasıl sağlanabileceği ve kullanılabileceğini görebilmek için bulut üretim ve yalın üretim sisteminin birlikte kullanımını bir vaka üzerinde göstermiştir. Bulut ve yalın üretim birlikte kullanılarak kısmi bir otomasyon sistemi kurulmuştur.

Tablo 2.1 : 2005-2018 Yılları Arasında Yapılan Bazı Çalışmalar

Sıra	Yıl	Araştırmacı	Araştırma Konusu
[1]	2005	KABADURMUŞ VE DURMUŞOĞLU	Aksiyomlarla Tasarım ilkeleri kullanılarak çekme sisteminin tasarımı
[2]	2015	RAUCH VE ARK.	Yalın ürün geliştirme süreci tasarımı için aksiyomatik tasarım
[3]	2016	BABÜR, CEVİKCAN VE ARK.	Yalın yönelimli İ.S.G. için aksiyomatik tasarım
[4]	2010	ÇEBİ	Aksiyomatik tasarım esaslı bulanık karar destek sistemi geliştirme
[5]	2018	SARI	Üretim hattı tasarımında değer akış haritalama

[6]	2011	DANACI	Aksiyomatik tasarım ilkeleri ile askeri lojistik ağı tasarımı
[7]	2017	GÜNGÖR	Bir malzeme çeşidinin aksiyomatik tasarım metoduyla seçilmesi
[8]	2011	ROHAN, SHIRWAİKE VE OKUDAN	TRIZ ve aksiyomatik tasarımın yalın tasarıma katkısı hakkında bir araştırma
[9]	2006	HOUSHMAND VE JAMSHİDNEZHAD	Yalın bir üretim sisteminin tasarım süreci
[10]	2010	PEK, VE ARK.	Aksiyomatik tasarım ile sağlık sistemi optimizasyonu
[11]	2005	KULAK VE ARK.	Hücreli üretim sisteminin aksiyomatik tasarım ilkelerine dayanarak oluşturulması
[12]	2018	DESHKAR VE ARK.	VSM kullanılarak yalın üretim sistem tasarımı
[13]	2016	RUN-JİE LU VE ARK.	Aksiyomatik tasarım ve kavramsala dayalı ürün tasarımı
[14]	2008	SATOĞLU	Karma üretim sistemlerinin aksiyomlarla tasarımı
[15]	2018	KUMAR VE ARK.	Yalın üretime dayalı bir takip sistemi

3.YALIN ÜRETİM SİSTEMİ

3.1.Yalın Üretim Nedir?

Yalın üretim; yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan, maliyet, stok, işçilik, üretim alanı, fire, kalite sorunları gibi unsurların, en aza indirildiği üretim sistemidir. Küçük partiler halinde sıfır hatalı, tam zamanında ve stoksuz üretim amaçlanır. [16]

Üretim alanında fazla üretim, stok, taşıma vb. birer israftır ve istenmeyen bir durumdur. Yalın üretim felsefesi, müşteri için değer ifade etmeyen ve bunun için bedel ödemeyi kabul etmeyeceği her israfı yok etmeye çalışarak müşteri memnuniyetini arttırmayı amaçlamaktadır.

3.2. Yalın Üretim Nasıl Ortaya Çıktı?

Yalın üretim kavramı ilk kez 1900'li yıllarda Toyota fabrikasında, atıl olan her şeyi azaltma, kalite, maliyet ve sevkiyat durumlarını iyileştirerek firmaya değer katma amacıyla ortaya atılmıştır. 1930'lu yıllarda ise Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno ve japon mühendisler tarafından geliştirilip uygulanmıştır. Yalın üretim sadece bir üretim sistemi değil bir felsefe olarak görülmektedir.

Toyota üretim felsefesi, sadece Japonya'yla sınırlı kalmayıp bugün tüm dünyada üretimde etkin olarak uygulanmaktadır. Türkiye' de yalın üretim felsefesi 1990'lı yıllarda özellikle otomotiv sektöründe kullanılmaya başlanmıştır.

3.3. Yalın Üretim Felsefesinin İlkeleri

3.3.1. Değer

Müşterinin para ödemeye razı olduğu hizmete veya ürüne ait her türlü özelliktir. Hızlı teslimat, ürünün fiziksel özelliği (renk, koku, kalite...) gibi almaya değer bulunan her şey müşteri için değer oluşturur. Kişiler için önemini belirleyen soyut bir ölçüdür. Yalın düşünce sisteminde üretim değer kavramına göre şekillenir. Bir ürün/hizmetin etrafında gerçekleştirilen olay, işlem gibi ürün veya hizmet üzerine belirgin yükseltici etkilerinin ölçülmesidir.

3.3.2. Değer Akışı

Ürünün firmaya hammadde olarak girip müşteriye ürün olarak gönderilmesine değer katan ve katmayan faaliyetler bütünüdür.

Üretimde 3 Farklı Faaliyet Vardır:

- Değer Yaratın Faaliyetler (Ör: Ürüne Eklenen Yeni Bir Özellik)
- Değer Yaratmayan Ama Zorunlu Faaliyetler (Ör: Temizlik, Bakım Onarım, Hazırlık)
- Değer Yaratmayan Faaliyetler (Ör: İsrar)

3.3.3 Sürekli Akış

Müşteri tarafından değer olarak görülen ürün veya hizmetlerde bulunan israfları elimine ederek kesintisiz akışın sağlanması sürekli akış olarak adlandırılır. Sürekli akış uygulandığında sipariş alma ve üretim gibi işlemler çok kısa bir sürede gerçekleşecektir.

3.3.4.Çekme Sistemi

İtme sisteminde tahmini olarak yapılan talep planlaması sonucunda üretim yapılırken, çekme sisteminde müşterinin ürünü veya hizmeti istemesi durumunda üretime başlanmakta ve sipariş alınmadığı durumlarda üretim yapılmamaktadır.

3.3.5.Mükemmellik Arayışı

Sistemde sürekli gözlem ve kontroller yapılarak kusursuz bir yapıya ulaşma çabasıdır. Sürekli iyileştirme yapma çabasıyla bir sistemin hiçbir zaman mükemmelliğe ulaşmadığını, her zaman daha iyi performanslı olabileceği düşüncesiyle yapılan çalışmalardır.

3.4. İsrif

Üretilen ürüne doğrudan değer katmayan veya ürünü oluşturmaya katkı sağlamayan her şey israftır. İsrif sadece üretim alanında değil birçok farklı formda olabilir. İsrafları tespit etmek, iyileştirme yapmanın ilk adımıdır.

Üretimde değer katmayan tüm faaliyetler israf olarak adlandırılıp bu israflar aşağıdaki başlıklar altında toplanmaktadır.

Bunlar:

- **Hatalı Üretim**

Hatalı ürün veya hizmet tamiri israftır.

- **Fazla Üretim**

Müşteri talebi olmadığı durumlarda fazla ve erken üretim yapmak israftır. Üretim tahmini olarak değil siparişin alınması durumunda gerçekleştirilmelidir.

- **Fazla Stok**

Gereğinden fazla elde bulundurulan hammadde, üretim ekipmanı, ürün, işçi bulundurulmamalıdır.

- **Gereksiz İşler**

Değer katmayan iş adımları israftır.

- **Gereksiz Hareketler**

Kötü ortam koşullarının sebep olduğu gereksiz hareketler israftır.

- **Bekleme**

Makinenin tamir için beklenmesi veya ürünün makineden çıkmasını beklemek, tedarikçiden hammadde beklemek ya da ürün taşınmasını beklemek israftır.

- **Gereksiz Taşıma**

İhtiyaç olmayan ekipman, hammadde taşınması israf olarak görülür. Prosesler arası mesafe en aza indirilmeye çalışılır.

İsrafın Nedenleri [17]

- Ters veya uzak yerleşme planı
- Bakım ve tamir süresinin uzunluğu
- Eksik bakım faaliyetleri
- Çalışanların iş yapma tecrübesizliği
- Yetersiz eğitim düzeyi
- Organizasyondaki bozukluklar
- Yönetim biçiminin eski/yetersiz olması
- Ölçüm yanlışlığı/yetersizliği
- MRP eksik uygulanması
- Kalitesiz hammadde
- Hammadde kalitesinin yetersizliği
- Tedarikçilerle kötü ilişkiler
- Dikkat edilmeyen müşteri şikâyetleri

3.5.Yalın Üretim Teknikleri

3.5.1 Çekme ve Kanban Sistemi

Çekme sistemi müşteri talebinden başlayarak müşterinin istediği ürünü, istediği miktarda ve istediği zamanda hazır olmasını sağlarken; üretici firmanın kaynaklarını da en iyi şekilde kullanıp sürekli akışın sağlanması, stokların azaltılması yolunda israfları önlemeyi hedefler.

Çekme sisteminde üretim müşteri talebi gelmeden başlamaz ve müşterinin istediği anda istediği kadar üretmeyi hedefler. Müşteriden gelen talep miktarı sonucunda hazırlanan üretim çizelgesi genellikle son üretim süreci olan son montaj aşamasına gönderilir. Yani son montaj bölümü çekme sisteminin başladığı ve hızın belirlendiği yerdir.

Bir istasyonun parça çekmesi kendinden önceki istasyonun üretimi başlatması gerektiği anlamına gelmektedir. Böylece o istasyon hangi üründen, ne miktarda üretmesi gerektiğini üretim kontrol departmanından gelen bir üretim emri olmadan bilir. Örneğin bir iş istasyonundaki çalışan, bir önceki iş istasyonuna giderek ihtiyacı olan ürünü gerekli miktarda ve zamanda çeker. Böylece her istasyon bir önceki iş istasyonuna giderek ihtiyacı kadar ürünü alır. İstasyonlar arasına süpermarket sistemi kurularak stok miktarı kontrol altında tutulur ve bu işlem tüm istasyonlar arasında koordineli bir şekilde sürdürülür. Buna çift kutulu kanban sistemi adı verilmektedir.

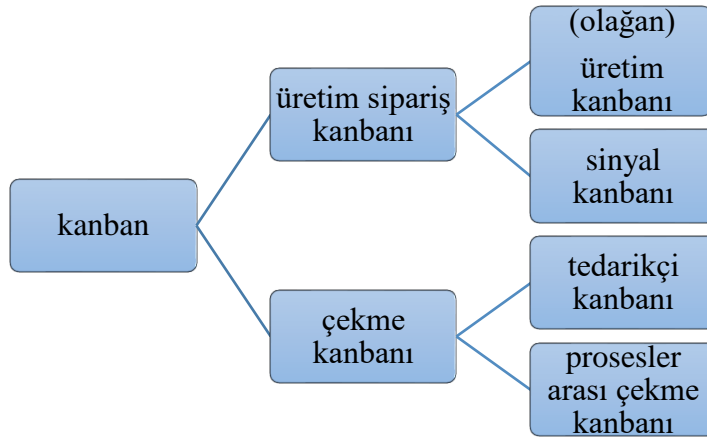
Çekme sisteminde sonraki aşama sadece gerektiği zaman önceki aşamadan parça çektiği için ara stok miktarında azalmalar gözlemlenmiştir. Çekme sistemi bunu gerçekleştirirken kanban adı verilen kartları kullanmaktadır. Kanbanın sistemdeki süreç içi stoğu göstermesinden dolayı azaltılması, stokların azaltılması anlamına gelmektedir. Yani kanbanın çıkarılması sorunların ortaya çıkmasına sebep olacağı için, kanban hatanın varlığını ve sorunun çözülmesinin gerektiği sinyali vermektedir. Bu yüzden kanban sürekli iyileştirme aracı olarak görülmektedir.

Kanban sayesinde süreç içi stok miktarı kontrol edilebilir ve üretim hızını değiştirerek, çevrim süresindeki azaltma ve arttırmalarla müşteri talebindeki değişikliklere belirli bir

oranda karşılık verebilmeyi sağlar. Ancak büyük değişimler gibi mevsimsel dalgalanmalar için bu geçerli değildir.

Kanban çeşitleri genel olarak iki ana gruba ayrılmaktadır.

- Üretim sipariş kanbanı
- Çekme kanbanı



Şekil 3.1. Kanban Çeşitleri(monden,1983) [18]

Çekme Kanbanı: Bir prosesin kendinden önceki prosesten alması gereken ürün miktarını ve aynı zamanda türünü belirleyen karttır.

Üretim Kanbanı: Bir sonraki iş istasyonu ürün çektikten sonra üretilmesi gereken ürün miktarını ve cinsini belirler.

Kanban kuralları:

- Kanban sayısı enazlanmaya çalışılmalıdır.
- Kanban sayısı kadar çekme veya üretim yapılmalıdır, daha fazlasına izin verilmemelidir.
- Önceki iş adımı sonraki iş adımının aldığı kadar ürün üretmek zorundadır.
- Kanban olmadan çekme işlemi gerçekleştirilemez.

- Kusurlu ürünler sonraki proseslere taşınmamalıdır. Aksi halde üretim durdurulup önceki prosese taşınır bu da zaman ve işgücü israfı anlamına gelmektedir.

Genel olarak kanbanlar üzerinde; proses isimleri, parça numarası, parça adı, her bir kutunun kapasitesi gibi ürünün cinsini, miktarını ve nereye gideceğini ana hatlarıyla gösteren görsel araçlardır.

Tablo 3.1. Çekme Kanbanı (Monden,1983) [19]

Stok Raf No: <i>5E215</i> Parça Arka No: <i>A2-15</i>			Önceki Proses
Parça No: <i>35670S07</i>			<i>DÖVME</i>
Parça Adı: <i>TAHRİK PİMİ</i>			<i>B-2</i>
Araba Tipi: <i>SX50BC</i>			Sonraki Proses
Kutu Kapasitesi	Kutu Tipi	No	<i>TALAŞLI İMALAT</i> <i>M-6</i>
<i>20</i>	<i>B</i>	<i>4/8</i>	

Tablo 3.2 Üretim Kanbanı (Monden,1983) [20]

Stok Raf No: <i>F26-18</i> Parça Arka No: <i>A5-34</i>	Proses
Parça No: <i>56790-321</i>	<i>TALAŞLI</i> <i>İMALAT</i> <i>SB-8</i>
Parça Adı: <i>KRANK MİLİ</i>	
Araba Tipi: <i>SX50BC-150</i>	

3.5.2. Üretim Düzgünleştirme, Karışık Yükleme ve Hazırlık Sürelerinin Düşürülmesi

Talebin değişkenliğine çabuk ve kolay cevap verebilmek amacıyla belli bir zaman dilimi içerisinde farklı ürünlerin, küçük miktarlarda ve karışık bir şekilde ancak sırayla üretilmesi gerekmektedir. Buna üretim düzgünleştirme ve karışık yükleme denilmektedir.

Üretim düzgünleştirme sayesinde işgücü çizelgelemesi daha kolay yapılmakta, ani talepler hızlı bir şekilde karşılanmakta ve daha az envanter bulundurulmaktadır. Karışık yüklemenin nasıl olacağını belirleyen faktör ise müşteri talep miktarıdır. Talep ile uyumlu olmasından dolayı bitmiş ürün stoğu da ortadan kaldırılmış olur. Ayrıca çekme sistemi olması sebebiyle karışık yükleme sıraları ve miktarları son montaj aşamasında verilmektedir.

Örneğin karton bardak üreten bir firmada müşterinin aylık talebinin, 52 adet mavi, 78 adet pembe ve 26 adet beyaz renkte bardak olduğunu düşünelim. Bu durumda aynı ay içerisinde istenilen bardakların tamamının üretimi için üretim düzgünleştirme ve karışık yükleme düşünülürse şu şekilde yapılabilir.

Tablo 3.3 Üretimde Düzgünleştirme ve Karışık Yükleme Örneği

Ürün	Aylık Müşteri Talebi
Mavi bardak	M M M M M M M M M M M M M M
Pembe bardak	P P P P P P P P P P P P P P P P P
Beyaz bardak	B B B B B B B B B B B B B B B B
Üretim sırası	M M P P P B M M P P P B M M P P P B

Yalın üretimin temel prensiplerinden biri olan üretim düzgünleştirme için hazırlık süreleri analizleri çok önemlidir. Çünkü makinanın, ürün değişimi esnasında yüksek hazırlık sürelerine sahip olması azaltmak istediğimiz ürün teslim süresini arttırmaktadır.

Bu amaçla üç yaklaşım kullanılmaktadır.

- SMED analizi (Single Minute Exchange of Die): Hazırlık süresinin tekli rakamlara on dakikanın altına düşürülmesi anlamına gelmektedir.
- OTED analizi (One Touch Exchange of Die): Hazırlık süresinin bir dakikanın altına düşürülmesi demektir.
- NOTED analizi (Non-touch Exchange of Die): Kalıpların değişimlerinin otomatik olarak gerçekleştirilmesini ifade eder.

3.5.3.Tek Parça Akışı

Çekme sisteminin kullanılması, talep sonucunda üretimin başlanması, ara stokların azaltılması ve ürün teslimat süresinin azaltılması gibi yalın üretim ilkeleri sonucunda parti tipi üretim yerine akış tipi üretim ön plana çıkarılmıştır. Akış tipi üretim sırasında önemli olan tek parça akışını sağlayarak birbirlerini besleyen işlemler arasında kopmanın engellenmesidir. Örneğin U tipi bir montaj hattında hatta giren bir ürünün tek parça şeklinde, arada hiçbir bekleme veya kopma yapmadan sırayla tüm işlemlerden geçmesi hedeflenir. Böylece süreç içi ürün bekleme süresi, yüksek süreç içi stok miktarları, yüksek imalat temin süresi azaltılmış ve ani müşteri istekleri karşılanmış olur.

Burada karşımıza çıkan bazı önemli kavramları açıklamakta yarar vardır.

- *Çevrim Süresi*

Bir proste üretilen bitmiş iki ürün arasında geçen zamana çevrim süresi denir. Eğer proste makine kullanılıyorsa makineyi yükleme ile makineyi boşaltma zamanı arasında geçen süre prosesin çevrim süresini oluşturur. Çevrim Süresi C/T ile gösterilir.

- *Takt Süresi (Tempo Süresi)*

Takt zamanı yapılan ürünün ya da sunulan hizmetin hızını müşteri talebiyle karşılaştırmaya yarayan bir ölçüttür. Yani müşterinin benden istediği çevrim süresidir. Müşteri istekleriyle oluşacak talebi karşılayıp aynı zamanda minimum stok tutacak şekilde üretimi şekillendirmeye yaramaktadır. Bu sayede hem talep istenilen zamanda karşılanabilecek hem de minimum stokla üretim yapılabilir. Ürün veya hizmet üretmek için sahip olunan toplam kullanılabilir zamanın müşteri talebine bölünmesiyle birim ürün veya hizmetin karşılanma hızını verir.

$$\text{Takt Zamanı} = \frac{\text{Kullanılabilir Çalışma Zamanı}}{\text{Müşteri Talebi}}$$

Ürün teslim sürecini belirlemek, düzgün bir üretim akışı sağlamak, iş süreçlerini iyileştirmek takt zamanı hesaplamanın yararlarından bazılarıdır.

- *Lead Time*

Burada bahsedilen “manufacturing lead time”dir ve kısaca lead time olarak ifade edilmiştir. Türkçe ’ye üretim temin süresi olarak çevrilen kelime aslında ürünün üretilmeye başlanıp son montaj aşamasının gerçekleşmesine kadar geçen süreyi kastetmektedir. Müşteri gözünden ise, siparişin verilmesiyle ürünün eline ulaşması arasındaki süre olarak görülür. Yalın üretimde lead time azaltılmaya çalışılmaktadır ve ürünün kısa sürede müşteriye ulaştırılması amaçlanmaktadır. Çünkü yalın üretim için lead time ile süreç içi stok maliyeti doğru orantılıdır. İşlem süresi yani değer katan işlem süresi çıkartıldıktan sonra elde kalan süre, süreç içerisinde stokların ne kadar beklediğini ifade eder ve bu da maliyet demektir. Bu yüzden üretim imalat süresinin azaltılması istenmektedir.

3.5.4.Üretken Bakım (TPM)

Toplam üretken bakım yalın üretimin en önemli yapı taşlarından biridir. Toplam üretken bakım, toplam ekipman etkinliği (OEE) ölçüsünü kullanarak mevcut ekipmanlardan üretim süreci içerisinde en fazla etkinliği sağlamayı amaçlar. Böylece yalın üretimin temeli olan israfları yok etmeyi ya da azaltmayı, mevcut düzeni ve eldeki makinelerin kullanımını arttırarak sağlar. Üretim süreci içerisinde arıza ve gecikmeleri önlemek, sıfır hatayı sağlamak, makine ve ekipmandan kaynaklanan kullanılabilirlik derecesini arttırmak ve ekipmanları kullanım anında kolayca bulabilmek için süreçteki herkesin sorumluluk alıp, dahil olması oldukça önemlidir.

OEE makine ve tesis kullanımının ne kadar etkin olduğunu gösterirken aynı zamanda orada bulunan hataları kayıpları ortaya çıkararak iyileştirme yapılması gerektirdiğini gösterdiği için oldukça önemlidir. OEE hesabı ve diğer bilgiler şu şekilde verilmiştir. [21]

$$\text{OEE} = \text{Kullanılabilirlik Oranı} * \text{Performans Oranı} * \text{Kalite Oranı}$$

Kullanılabilirlik Oranı

Üretim zamanının net üretim zamanına etkisini gösterir. Bir makinenin gerçekleşen çalışma süresi ile planlanan çalışma süresi arasındaki ilişkiyi gösterir.

$$\text{Kullanılabilirlik Oranı} = \text{Net Üretim Zamanı} / \text{Üretim Zamanı}$$

$$\text{Net Üretim Zamanı} = \text{Çalışma Zamanı} - \text{Planlı Duruşlar} - \text{Plansız Duruşlar}$$

$$\text{Üretim Zamanı} = \text{Çalışma Zamanı} - \text{Planlı Duruşlar}$$

Performans Seviyesi

Bir makinenin belli bir zaman diliminde gerçekleştirdiği üretim ile gerçekleştirebileceği teorik üretim miktarı arasındaki ilişkidir.

$$\text{Performans Seviyesi} = (\text{Üretilen Miktar} * \text{Teorik Çevrim Zamanı}) / \text{Üretim Zamanı}$$

Kalite Seviyesi

OEE 'nin hatalı parça ve yeniden işleme kayıplarından etkilenen çarpanıdır. Hatalı parça ve yeniden işleme, zaman, işgücü ve enerji kaybı olarak karşımıza çıkar.

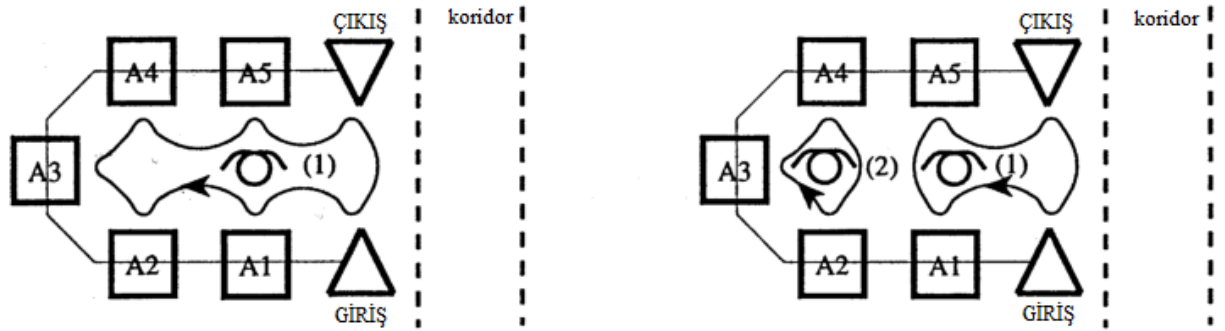
$$\text{Kalite Seviyesi} = (\text{Üretilen Ürün Miktarı} - \text{Hatalı Ürün Miktarı} - \text{Yeniden İşlenen Ürün Miktarı}) / \text{Üretilen Ürün Miktarı}$$

3.5.5. U Tipi Üretim Hattı

Hücresele üretim, ürün çeşidi fazla olan işletmelerde ürünleri mümkün olan en az kaynak kullanımıyla üretmeyi hedefleyen bir yaklaşımdır. Çok sayıdaki ürünle değil, az sayıdaki ürün ailesine odaklanan bu üretim sistemi sayesinde, verimlilik artmaktadır. Ürün ailesi kavramından kısaca bahsetmek gerekirse benzer operasyonlardan geçen veya benzer özelliklere sahip olan ürünlerin bir araya toplanarak bir tür grup oluşturmasıdır.

Çoğu fabrikada kullanılan fonksiyonel yerleşime göre hücresel yerleşimin, iş akışlarının basit olmasından dolayı taşıma israflarının az olması, karmaşıklığının azaltmasından dolayı da hatalı ürünlerin nedenlerini tanımlamak daha kolaydır. Ayrıca bizim için önemli olan işlerde birikme ve beklemenin az olması, stokların az olması ve buna bağlı olarak da temin süresinin kısılması bu üretim sistemini avantajlı kılmaktadır. Yalın üretimin hedeflerine en yakın üretim şekli hücresel üretim sistemi olduğu için hücre oluşturma kavramı gelişmiştir.

Akışın sürekliliğinin sağlanması, geri dönüşlerin engellenmesi, çalışanların makine başında ürün beklemelerini azaltmak, çalışanların gereksiz hareketlerinden dolayı kaynaklanan zaman kaybının azaltılması, çalışanların becerilerini ve işin verdiği sıkıcılığı azaltmak için U tipi üretim hatları her zaman daha işlevseldir.

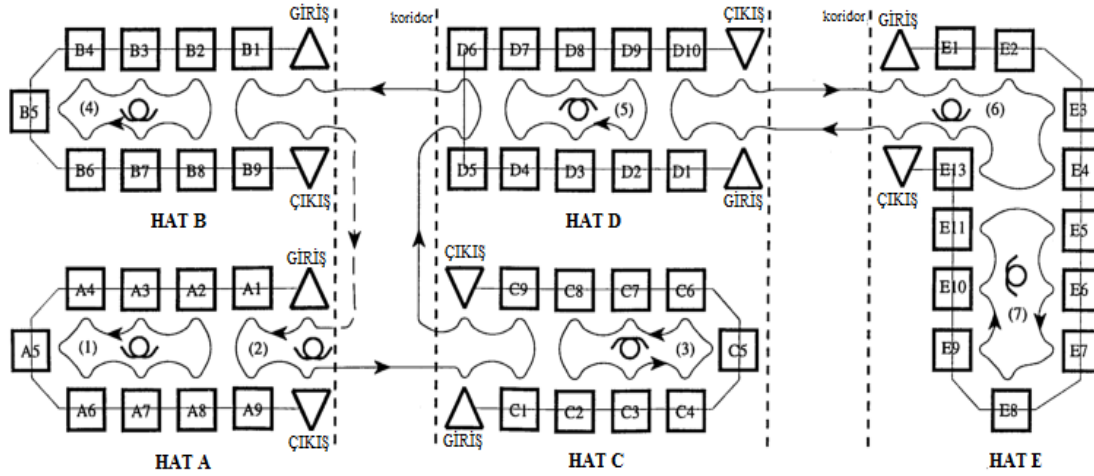


Şekil 3.2. 1 Çalışanlı ve 2 Çalışanlı U Tipi Üretim Hatları (Miltenburg, 2001) [22]

Makine çalışırken işin başında beklemeyi engelleyerek diğer işin yapılması sağlanmış olur ancak U tipi üretim hatlarında çalışanların becerileri sorumlulukları artarken iş yükü yoğunluğu da artış göstermektedir.

U tipi üretim hattının kullanımının en önemli yararı ise süreç içi stok miktarının azaltılması ve tek parça sürekli akışın sağlanmasıdır. Stokların azaltılmasından dolayı da müşteri talebi daha hızlı karşılanmaktadır. U tipi üretim hattı sayesinde çalışanların bir yerden başka bir yere gitme süresi azalır ve makineleri kontrol etmesi kolaylaşır.

Yalın üretim sistemindeki bir diğer ulaşılmak istenen amaç da Shojinkadır. Talebin değişken olmasından dolayı makine sayısında değişiklik yapmak yerine işçi sayısında değişiklik ile üretimin dengelenmesine Shojinka denir. U tipi üretim hatlarında Shojinka uygulamak daha kolaydır. Çünkü hattın başındaki çalışan, hattın sonuyla da ilgilenebilir ve iki çalışan yerine tek çalışan kullanılabilir. Bu da işgücü israfının azaltılması anlamına gelir.



Şekil 3.3. Örnek Bir Birleşik U Hattı (Miltenburg, 2001) [23]

3.5.6. Poke Yoke ve Otonomasyon (Jidoka)

Poke yoke hata önleme anlamına gelmekte olup 1960'lı yıllarda geliştirilen bir kalite kontrol sistemidir. Hataları meydana gelmeden önce düzeltmeyi amaçlayan hatta hata yapmayı ortadan kaldırmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. Kusurlu ürünlerin üzerinden uzun bir zaman geçmeden, kaynağında ve yerinde saptayarak neden oluştuğunu, nasıl oluştuğunu bulmaya ve bunu azaltmaya çalışan bir araçtır.

Otonomasyon (Jidoka) karar vermek için kendi bağımsız yeteneğini kullanan makineler sağlamak üzere Japonya da geliştirilen bir kavramdır. Bu kavram olmadan, bir makine kendi kendine işleyebilir, ama gerektiği durumda çalışmayabilir. (Suzaki, 1987) [24]

Poke yoke ve jidoka, hata meydana gelmeden önleme ya da meydana geldiği anda hattı durdurarak işçiye giden sinyal sayesinde hatanın düzeltilme imkânını sağlar. Hattı durdurma yetkisi sayesinde hem çalışanın iş üzerindeki sorumluluğu artmakta hem de hataya anında müdahale etmesiyle zaman kayıplarının önüne geçilmiş olunur.

3.5.7. 5S, Kaizen (Sürekli İyileştirme) ve Kalite Çemberi

5S, ayıklama, düzenleme, temizleme, standartlaştırma ve disiplin kavramlarından oluşmaktadır. Japoncada her bir kelimenin baş harfi S ile başladığı için bu adı almıştır. 5S uygulamasıyla istenilen eşyayı kolayca bulamamak, gereksiz hareket, havalandırma-ısıtma uygunsuzluğu, gereksiz olan işlerin varlığı vb. sorunların iş yerinden ve işten kaynaklanan israfların azaltılıp, yapılan düzenlemelerin kalıcı olması için standart hale gelmesi hedeflenmektedir.

- *Seiri(Ayıkla)*: Gereksiz olan malzemelerin, kullanılmayan parçaların, takımların vb. işlerin ayıklanması anlamına gelmektedir.
- *Seiton(Düzenle)*: Kalan gerekli parçaları ve takımları düzenleyerek, çalışanların eşyaları rahatça bulmalarını ve zaman kaybını azaltmayı hedeflemektedir.
- *Seiso(Temizle)*: Çalışma alanlarının, lavaboların ve ofislerin kısacası iş yerinin tamamında temizlik prensibi benimsenir. Böylece yabancı maddeler, çöp vb. işyerinden uzaklaştırılarak, kaliteli doğru iş yapma, zamanında işleri tamamlama süreci kısaltılmış ve kolaylaştırılmış olur.
- *Seiketsu(Standartlaştır)*: Yapılan işlemlerin kalıcı olması ve sürekliliğinin sağlanması için standart hale getirilmesi işlemidir.
- *Shitsuke(Disiplin)*: Bu prensiplerin uygulanabilmesi için disiplinin var olması gerekmektedir.

5S çalışmalarının faydaları şöyle sıralanabilir. (Hirano,1995) [25]

- Kısaltılan hazırlık süresi ile üretim hızının arttırılması,
- Hatanın minimize edilmesiyle kalitenin artması,
- İsrafların minimize edilmesiyle maliyetlerin azalması,
- Gecikme olmaksızın teslimat sağlanması,

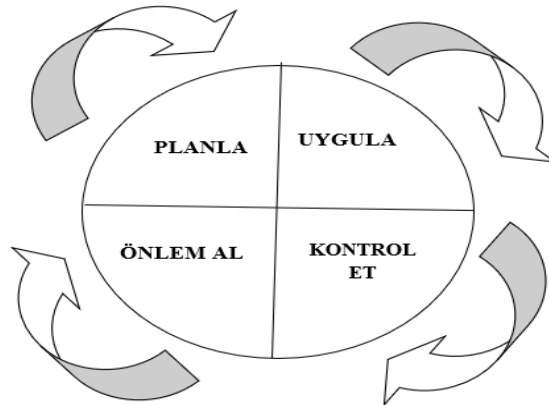
- İş kazalarının önlenmesiyle güvenli çalışma ortamının oluşturulması,
- Kusursuz üretim ile daha iyi bakım sağlanması,
- Müşterinin güvenini kazanarak şikayetlerin yok edilmesi.

Yalın üretim durağan bir sistem değildir, sürekli yenilik peşinde olan dinamik bir yapıdadır. Mevcut durumla yetinmeyen sürekli kendini geliştirmeye çalışan ve daha iyi nasıl yapabilirim sorusuna cevap arayan yapıdadır. Bu yüzden sürekli iyileştirmeyi yalın üretim felsefesinin başında görmekteyiz. Üst yönetimden, çalışanlara kadar firmanın her aşamasında sürekli iyileştirmeyi görmek mümkündür.

Kaizen müşteri memnuniyetini artırmak için süreçlere yönelik, zaman ve teknoloji anlamında kullanılan sürekli iyileşmeyi ifade eder. Kaizen'in uygulanması için üç faktör aranır:

- Mevcut sistemin yeterli olmadığını düşünmek,
- İşgücü faktörünü iyileştirmek istemek,
- Problemleri çözmek için çözüm tekniklerini kullanmak.

Kalite çemberleri, tüm çalışanların ürün geliştirme, süreç iyileştirme vb. durumlarda herkesin fikir ve görüşlerini almayı sağlayan ve işletme için bir bütün halinde düşünülmesi gereken bir süreçtir. Bu yüzden üst kademinin her türlü görüşü dikkate alınıp değerlendirilmesi ile kalite çemberini oluşturma süreci başlatılmış olunur.



Şekil 3.4: PUKO Çevrimi

Planla: Hedefe ulaşmak için ne yapılması ve nasıl yapılması gerektiği planlanır.

Uygula: Planı gerçekleştirecek aktiviteler uygulanır.

Kontrol Et: Sonuçların plana uygun olup olmadığı ve eğer varsa sapmalar değerlendirilir.

Önlem Al: İyileştirmeyi kararlı hale getirerek yeni çalışma kuralları geliştirilir.

4.AKSIYOMATİK TASARIM

Aksiyomatik Tasarım, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde geliştirilmiş sistematik bir yöntemdir. Bu yöntem ürün veya sistem tasarımı hazırlanırken problemlerin tespitini sağlar, bu sayede tasarımcılar hangi sorunlar üzerinde odaklanmaları gerektiğini gördükleri için uygun bir çözüm arayışına girebilirler. Aksiyomatik Tasarım yöntemini ortaya koyan Profesör Nam Suh aksiyomatik tasarımı şu şekilde tanımlamaktadır; “Aksiyomatik tasarımın amacı, tasarımcıları daha yaratıcı olması, rasgele araştırma süresinde azalma, hatalı ve tekrarlı süreçlerin minimize edilmesi ve tüm önerilenler/alternatifler arasından en iyi dizaynı bulmaktır.” Bu yöntem problemin çözümünü sistematik ve yalın bir şekilde çözmeyi sağlamaktadır. Aksiyomatik tasarım için şu iki soruya cevap aranmalıdır: “İstenilen hedef nedir?” ve “Hedefe nasıl ulaşılabilir?”.

Aksiyomlarla tasarım konusunda önemli nokta tasarımcının aşağıda listelenen konuları yerine getirmesidir (Suh,2001) [26]

- Müşteri ihtiyaçlarını anlamak,
- İhtiyaçları karşılama konusundaki problemleri çözmek üzere tanımlamak,
- Sentez yoluyla çözümleri oluşturmak,
- Çözümü eniyilemek için analiz yöntemini kullanmak,
- Sonuçta ortaya çıkan tasarım çözümünün gerçekteki müşteri ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamadığını kontrol etmek.

Aksiyomatik tasarım bir teori olarak sunulmakla birlikte farklı alanlarda uygulamaya geçirilmiş bir yöntemdir. Aksiyomatik tasarım yaklaşımı; müşteri ve sistem gereksinimlerini karşılayan, hatayı en aza indirgeyen ve uygulanabilir bir tasarım için; açıklama, çözümleme ve geliştirme sistematığıdır.

Neden Aksiyomatik Tasarım?

- Alternatif tasarımlar arasından en iyiyi seçmek için karar verme sürecine yardımcıdır.

- Ürün/Hizmet kalitesini artırıcı etkisi vardır.
- Karmaşık sistemlerde de kullanılabilir.

Aksiyomlarla Tasarım yönteminin temel amacı, tasarımlar için bilimsel bir yol göstermek ve alternatif tasarımlardan en uygun tasarımı seçebilmek için sistematik bir yaklaşım ortaya koymaktır. Aksiyomlarla Tasarımın temeli olan iki farklı aksiyom vardır. Bu aksiyomlar, ürün tasarımlarını oluşturmak ve oluşturulan tasarım alternatiflerinden en iyisini seçmek için bir yönlendirmedir ve aşağıdaki gibidir:

- Aksiyom 1 (Bağımsızlık Aksiyomu): Fonksiyonel ihtiyaçların bağımsızlığını sağlamak.

- Aksiyom 2 (Bilgi Aksiyomu): Tasarımın bilgi içeriğini minimize etmek.

4.1. Aksiyomlarla Tasarım İlkeleri

4.1.1. Bağımsızlık Aksiyomu

Bağımsızlık aksiyomuna göre her bir fonksiyonel gereksinim yalnızca tek bir tasarım parametresi ile ilişkili olmalıdır. Tasarımda birden fazla fonksiyonel gereksinim tanımlanması durumunda tasarım çözümünde bu fonksiyonel gereksinimlerin birbirleri üzerinde etkilerinin bulunmaması gerekir. Tasarım parametreleri belirlenirken hem fonksiyonel gereksinimlerin karşılanmasına hem de fonksiyonel gereksinimler arasındaki bağımsızlığın sağlanıp korunması gerekmektedir. Bağımsızlık aksiyomu ile bir tasarımın iyi-kötü, kabul edilebilir- kabul edilemez olduğu da belirlenmektedir.

4.1.2 Bilgi Aksiyomu

Bağımsızlık aksiyomunun uygulanması ile sonuçlanan olurlu tasarım alternatifleri arasından hangisinin en iyi olduğu ve seçileceği bilgi aksiyomuna göre belirlenir. Suh' a

göre, fonksiyonel gereksinimlerin gereklerini yerine getiren tüm çözümler içerisinde en az bilgi içereni en iyi çözümdür. Daha az bilgi (daha az karmaşık tasarımlar) çözümün başarı şansını arttıracaktır. (Suh, 1990)

4.2 Aksiyomatik Tasarım Parametreleri

Aksiyomlarla tasarım yönteminde fonksiyonel gereksinim, tasarım parametresi ve tasarım matrisi kullanımı yaygındır. Bu terimler şu şekilde ifade edilebilir:

Fonksiyonel Gereksinimler: Fonksiyonel bilgi sahasında tasarımı gerçekleştirecek ürüne veya hizmete ait müşteri ihtiyaçlarının tamamını tanımlayan ve bağımsızlığı sağlayan ihtiyaçlar kümesidir.

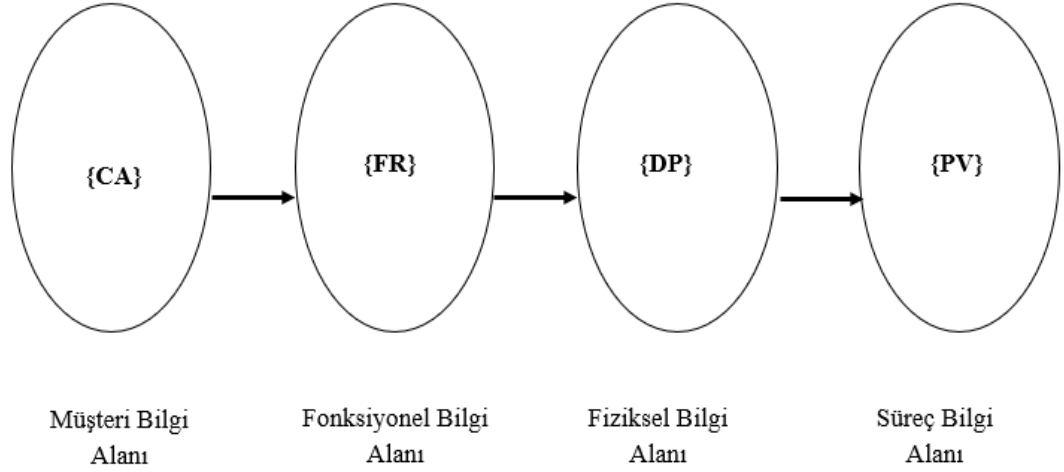
Tasarım Parametreleri: Fonksiyonel gereksinimleri karşılamak için tasarım sürecindeki gereklilikleri içinde barındıran değişkenlerdir.

Tasarım Matrisi: Fonksiyonel gereksinimler ile tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi “var-yok” şeklinde tanımlar. Tanımlanan fonksiyonel gereksinimler ile tasarım parametrelerinin arasındaki ilişkiyi gösteren matris yapısı tasarımın türünü vermektedir.

4.3 Bilgi Sahalarının Haritalandırması ve Tasarım Hiyerarşisi

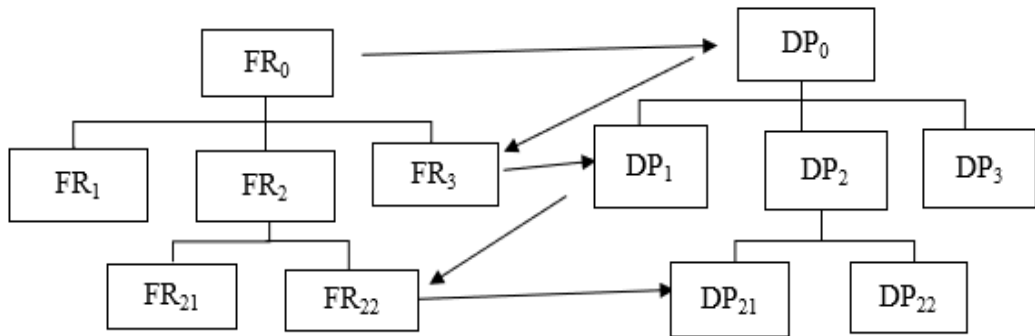
Aksiyomatik tasarım yaklaşımında bütün tasarımlar için 4 farklı bilgi sahası bulunmaktadır. Bunlar; müşteri bilgi alanı, fonksiyonel bilgi alanı, fiziksel bilgi alanı ve süreç bilgi alanıdır.

Müşteri sahasında, müşteri ihtiyaçları belirlenir ve müşteri ihtiyaçları için gerekli fonksiyonel ihtiyaçlar, fonksiyonel bilgi sahasında ortaya konulur. Bu noktaya kadar “istenilen hedef” in ne olduğu belirlenir ve bir sonraki sahalarda “hedeflere nasıl” ulaşılabileceğinin yanıtları aranır.



Şekil 4.1. Aksiyomlarla Tasarım Bilgi Sahaları (Durmuşoğlu Ve Kulak 2004)[27]

Aksiomatik tasarım yaklaşımında tasarımcı süreç boyunca öncelikle fonksiyonel bilgi alanında fonksiyonel gereksinimler kümesini (FR) belirledikten sonra bunların hayata geçirilebilmesi için gerekli fiziksel yapıyı oluşturmak üzere fiziksel bilgi alanına geçecektir (DP). Bu aşamada elde edilen FR kümesine karşılık DP kümesi daha açık bir şekilde ifade edilmeden uygulanamıyorsa tekrar FRs alanına dönülerek bir alt düzeydeki FR kümesi ortaya konulacaktır. Bu “zıkzaklar” ile “ayırıştırma” alt düzeylerde belirlenmiş sorunlara ait çözümlerin bilindiği noktaya kadar devam edecektir (Suh, 1990).



Şekil 4.2. Zikzaklar ve Tasarım Ayırıştırılması (Suh, 1990) [28]

4.4. Tasarım Tipleri

Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişki matematiksel olarak aşağıdaki gibidir: (Suh, 1990) [29]

$$\{FR\}=[A].\{DP\}$$

Burada;

$\{FR\}$: Fonksiyonel ihtiyaçlar vektörü,

$\{DP\}$: Tasarım parametreleri vektörü ve

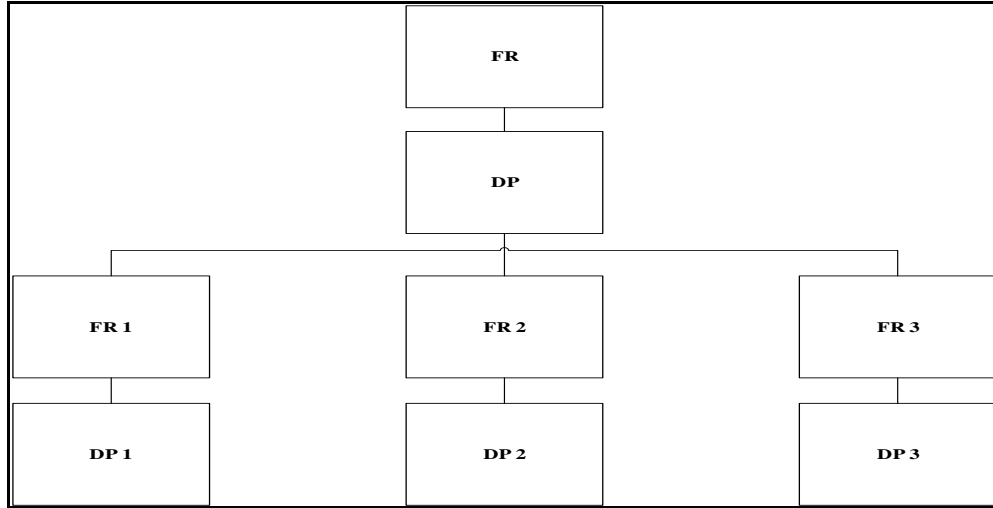
$[A]$: Tasarımı belirleyen matris,

$[A]$ matrisindeki her A_{ij} , FR vektörünün i'inci elemanı ile DP vektörünün j'inci elemanı arasındaki ilişkiyi gösterir.

A matrisinin yapısı tasarımın çeşidini belirler. Bağlı tasarım, ayrılmış tasarım ve ayrık tasarım olmak üzere üç çeşit tasarım bulunmaktadır.

Ayrık Tasarım: Ayrık tasarımın matrisi diyagonaldir. Bu sayede çözümleri, birbirlerini etkilemeden, aynı anda geliştirebilir.

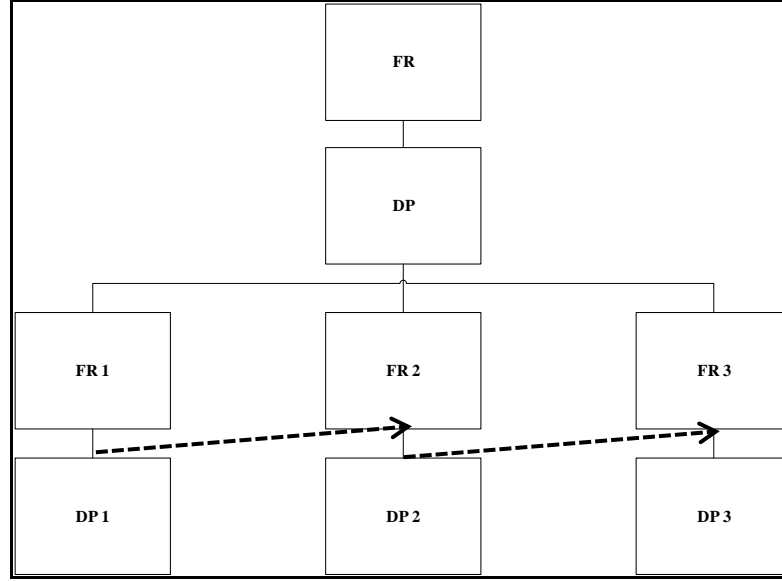
$$\begin{bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ & X & \\ & & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{bmatrix}$$



Şekil 4.3. Ayrık Tasarım [30]

Ayrılmış Tasarım: Ayrılmış tasarım matrisi üçgensel matristir. Ayrılmış tasarımda görevler belirli bir sıra ile gerçekleştirilerek ilerlenir.

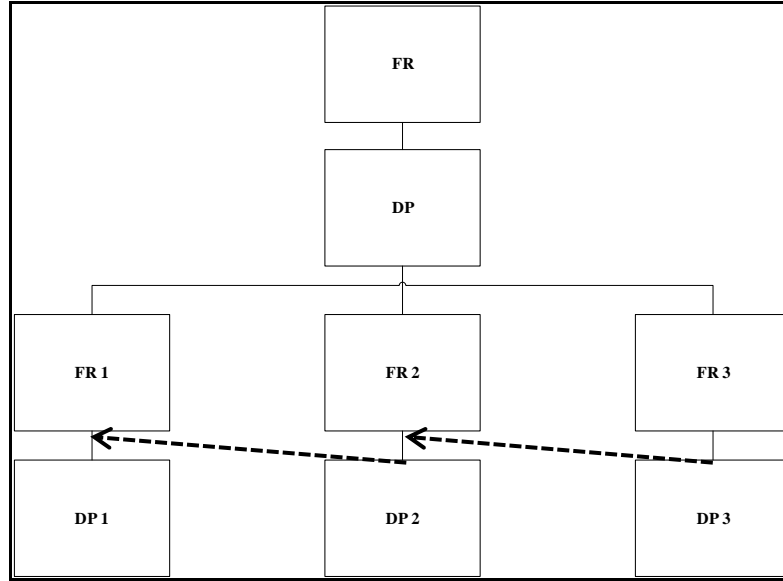
$$\begin{bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{bmatrix}$$



Şekil 4.4. Ayrılmış Tasarım [31]

Bağlı Tasarım: Bağlı tasarımın matrisi ise hem üst hem de alt üçgende “0” dışında değerler içeren matristir. Aksiyomlarla tasarıma göre bağlı tasarım tipi tercih edilmemektedir. Çünkü bağlı tasarımın matrisinde, tasarım sürecinde atılan adımlar birbirini etkileyebilir ve aynı aşamaların tekrar etmesine neden olabilir. Bu nedenle bağlı tasarımlar ayrılmış tasarımlara dönüştürülmeye çalışılır.

$$\begin{bmatrix} FR1 \\ FR2 \\ FR3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & X & X \\ & X & X \\ & & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \end{bmatrix}$$



Şekil 4.5 Bağlı Tasarım [32]

Aksiyomatik tasarım için en ideal tasarım tipi “Ayrık Tasarım”dır. Fakat her durumda bu tip bir tasarım oluşturulamayabilir ya da çok zor olabilir. Eğer ayrık tasarım elde edilemiyorsa, “Ayrılmış Tasarım” bulunmaya çalışılabilir.

5.DEĞER AKIŞ HARİTALAMA

Değer akış haritalama tekniği, hammaddenin tedarik edilmesinden ürünün müşteriye teslim edilmesine kadar gerçekleşen tüm süreci görmemizi sağlar. En basit haliyle bilgi ve malzeme akışlarını özetleyerek mevcut durumu görsel olarak sunar ve daha iyi performansla iyileştirilmesi gereken yerleri tespit ederek gelecek durum analizini oluşturmamızı sağlar.

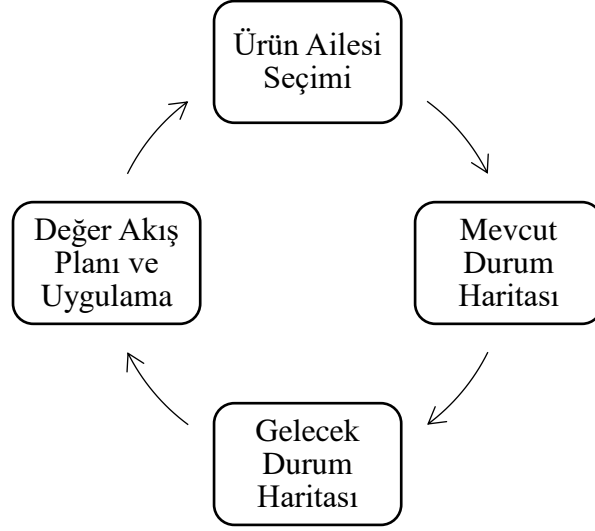
Değer akışı haritalama tekniği, değer katan faaliyetlerle değer katmayan faaliyetleri birbirinden ayırarak; hammadde, teçhizat, ekipman ve işgücünden en verimli ve en etkin şekilde yararlanmamızı sağlar.

İşletmede, hammaddeye uygulanan gereksiz performanslar ortadan kaldırılarak ürüne dönüştürülmesi, farklı tip ürünlerin birbirlerinin akışını kesmeyecek şekilde tasarlanması, üretim ve teslimat sürelerinin kısaltılması ve maliyetleri azaltılarak değer yaratılmak istendiğinde değer akışı haritalama tekniği kullanılır. Değer akışında yapılanlar, tedarikçiye siparişlerin verilmesiyle müşteriden siparişlerin alınmasına kadar gerçekleşen süreçleri herkesin anlayabileceği bir şekilde sembollerle ifade etmektir. Üretim sırasında ürünün geçtiği yolları takip ederek, malzeme ve bilgi akışlarıyla kâğıda aktarılır. Daha sonra tek parça sürekli akışı yakalamak için yapılabilecekler değerlendirilip ‘gelecek durum’ haritası çizilecektir. Değer akışları incelendiğinde israfların, performansların ve iş sürelerinin büyük bir kısmını tuttuğu görülebilir. Bu israfların ortadan kaldırılması için iyileştirmeler yapılmalıdır. İsrarlar kaldırıldıktan sonra sürecin sürekli akış halinde olması sağlanır.

Değer akışı haritaları:

- Süreç üzerindeki malzeme ve bilgi akışının görülmesini,
- Değer akışı yollarındaki israfların belirlenmesini,
- Üretim süreçlerinin ortak bir dilde birleştirilmesi,
- Bilgi ve malzeme akışları arasındaki ilişkilerin gösterilmesi,
- Akışı sürekli ve kesintisiz yapabilmek için nerelere odaklanılması gerektiğinin görülmesini sağlar. [33]

Değer akışı haritalandırma tekniği bir işletmeye uygulanacağı zaman yapılması gerekenler; Ürün ailesini belirlemek, mevcut durum haritasını çizmek, gelecek durum haritasını çizmek ve faaliyet planı oluşturmak.



Şekil 5.1. Değer Akışı Haritalama Tekniği Adımları [34]

5.1 Ürün Ailesi Seçimi

Ürünlerin izlediği rotalar, ortak parçalar, işlem adımlarının ortaklığı gibi özellikler, baz alınarak ürün çeşitliliğinin fazla olduğu durumlarda, mevcut durum analizinin kolaylığının sağlanabilmesi için ürün ailesi oluşturulur.

Böylece çok fazla ürün üzerinde değil, daha az sayıdaki ürün ailesi üzerinden işlem yapılarak kolaylık sağlanır.

5.2. Mevcut Durum Analizi

Yalın açıdan herhangi bir işleme yaklaşırken yapılacak ilk şey süreç boyunca malzemenin izlediği yolu takip eden değer akımını yakalamaktır. Tam olarak yakalamak için bu yolu baştan sona fiilen gezmek gerekmektedir. Önemli olan değer yaratan bir akışın uygulanmasıdır. [34]

Mevcut durum haritasında, üretilmekte olan ürüne genel bir bakışla bakıp tüm sürecin işleyişi hakkında bilgi toplanır ve iyileştirme yapılması gereken yerler tespit edilir. Mevcut durum analizi yapılırken işletmede var olan anlık veriler alınır. Bu durum sistemin fotoğrafını çekme olarak düşünülebilir

Değer akışı haritalandırma işleminin ilk aşaması olan mevcut durumun çizilebilmesi için süreçteki faaliyetlerin kaydedilmesi gerekmektedir. Mevcut durum analizi, işletmede kapıdan-kapıya gözlem yapılarak ürünün geçtiği prosesleri, her proseste ne kadar vakit harcadığı ne kadar ara stok bulundurduğu, proseste çalışan işçi sayısı ve işletmeye katma değer yaratmayan tüm faaliyetlerin ve israfların tek bir çerçeve halinde görülmesini sağlar.

Mevcut durum haritası sürecin gerçekleştiği üretim alanında çizilmelidir. Yapılması gereken, değer akışı haritalandırma yapacak olan takım üyelerinin üretim alanına gidip, kullanılacak olan bilgileri kendileri toplamaları ve incelemeleridir. Haritalandırma uygulanacağı zaman sondan başa ilerlemek gerekir. Ürünün teslim edilmesinden başlanarak, hammaddenin tedarik edilmesine kadar gerçekleşen tüm işlemler kaydedilir ve mevcut durum analizi o sırada oluşturulur. Çizilen mevcut durum analizi süreçte olan israf kaynaklarını ortaya çıkartır. Haritalandırma tek bir ürün ailesi üzerinde yapılmalıdır.

Üretimde gerçekleşen süreci genel olarak görebilmek için büyük resim haritalandırma kullanılır. Bunun için:

- Müşteri talep ve beklentileri tespit edilerek tanımlanır.
- Üretim için hammadde siparişi, ürün teslimatı gibi bilgiler haritalandırılır.
- Malzeme akışı haritalandırılır.
- Malzeme ve bilgi akışı ilişkilendirilir.

Bu haritalandırma bilgileri kullanılıp çizimle görselleştirilerek ürünün toplam temin süresi, hammaddenin girişinden ürünün çıkışına kadar gerçekleşen süre zarfında ara stoklar da baza alınarak hesaplanır ve zaman çizgisi çizilerek harita tamamlanır. Talebin belirlenmesi sırasında üretilecek ürün ailesi için kaç adet, ne zaman ve nasıl üretileceği, nasıl paketlenmesi gerektiği gibi envanter bilgileri toplanmalıdır.

Bilgi akışı, hammadde ile ilgili ihtiyaçlar doğrultusunda siparişin nasıl ve ne kadar verildiğini, müşteri siparişleri alındığı durumlarda ise ne kadar istendiği ve ne zaman teslim edileceği gibi bilgileri içerir.

Malzeme akışı, organizasyondaki fiziksel akışı ifade eder. Ne kadar hammadde kullanıldığı, hammaddelerin teslimat sayıları ve günleri, tedarik edilen parça sayısı ürünün paketleme durumu ve ürün elde etme süresi gibi bilgiler toplanır.

Her bölümdeki işlem süresi, beklenmeyen makine aksama zamanları, ara stoklar, kalite kontroller, tamir, çevrim süresi, makine hazırlık süresi, operatör sayısı ve bir günde çalışılan iş periyot bilgileri her işlem için toplanır.

Mevcut durum haritasında kullanılan şekil ve semboller EK-1 de sunulmaktadır.

5.3 Gelecek Durum Analizi

Gelecek durum analizi, tek parça akışı sağlamak için işletmenin nasıl yürütülmesi gerektiğini gösteren detaylı bir şekilde çizilmiş görsel bir araçtır. Gelecek durum haritası için israfların resmedilmesi ve ortadan kaldırılması için plan yapılır. Mevcut durum analizi sonucunda belirlenen israflara gerekli yalın üretim teknikleri uygulanarak israfsız üretim yöntemi oluşturulur. Bu aşamadan kullanılacak olan yöntemler; hazırlık sürelerinin nasıl azaltılabileceği, 5S'in nasıl uygulanabileceği ve itme sisteminden çekme sistemine geçişin nasıl olması gerektiğini gösteren gelecek durum haritası çizilecektir.

Malzeme ve bilgi akışlarını göstermek için üretim planı, iş emirleri ve bir problem dâhilinde nasıl müdahale edildiği bilinmelidir. Gelecek durum haritasına son olarak temin süresi ve katma değerli süreleri içeren zaman çizgisi çizilir. [35]

Gelecek durum haritası çizilirken hangi yöntemlerin kullanılması gerektiği, hangi problemin hangi çözüm yöntemiyle iyileştirileceği kararlaştırılmalıdır. Bunlardan bazıları;

- Ürünün müşteriye temini nasıl sağlanacaktır? Müşteri talebi geldiği anda direk cevap verilebilecek süpermarket mi kurulacak, yoksa direk sevkiyata mı üretim yapılacaktır?
- Kurulmak istenen sürekli tek parça akış sistemi hangi aşamaya kurulacaktır? Nerele süpermarket çekme sistemi kurulabilir? Bu şekilde üretim kontrol edilebilir mi?
- Hangi noktalara üretim çizelgeleme yapılacaktır?

Bu sorularla karmaşık üretim sistemi detaylı olarak incelenip iyileştirme yapılması gereken yerler tespit edilebilir. Tespit edilen yerlerde sürecin nasıl akması gerektiğinin, ne tür ekipmanlara ihtiyaç duyulduğunun, model değiştirme süresinin nasıl azaltılabileceğinin ve plansız makine duruşlarının nasıl çözülebileceğinin cevabı aranır. [36]

5.4. Değer Akış Planı ve Uygulama

Mevcut durum haritasının çizimiyle birlikte firmadaki ara stoklar, imalat temin süresi, stokların bekleme süresi, çevrim süresi gibi üretim hakkında detaylı bilgiye sahip oluruz. Böylece firmadaki hatalar görülebilir gelecek durum analizi sonucunda ise yapılması gereken çalışmalar planlanır. Uygulama öncesinde ve sonrasında raporlama yapılarak uygulamaya adım adım geçilmeye çalışılır.

6.PROBLEM TANIMI

YAVUZ METAL VE SAN. A.Ş. firmasında uygulanan geleneksel üretim sistemi neticesinde hammadde, ara stok ve bitmiş ürün stokları yüksek olmakta, gereğinden fazla iş gücü kullanılmakta ve çok sayıda israf bulunmaktadır. Bunlarla birlikte, hammaddenin sipariş sonrasında temin süresinin uzun olması, üretim hatlarında izlenebilirliğin zor olması gibi sorunlardan oluşmaktadır. Üretimde tek parça akış olmadığı için makine duruşları, ara stok miktarları, makine beklemeleri ve hurda miktarı çok fazladır. Stok içi itme sistemi uygulandığı için siparişlerin müşteriye teslim süreleri çok uzun sürmektedir. Kısaca itmeye dayalı üretim sistemi fabrika içerisindeki her türlü israfa sebep olmaktadır.

7.PROJENİN AMACI

Firma, müşteri memnuniyetini arttırmak ve süreçlerini iyileştirmek için üretim alanında yaşanan sorunlara çözüm arayışı içerisinde. Tek parça sürekli akışın sağlanması için itme sisteminden direkt çekme sistemine geçilmesi planlanmaktadır. Böylelikle ara stoklar kaldırılıp sipariş teslim süreleri azaltılacaktır.

Aksiyomlarla Yalın Üretim Sistem Tasarımı başlıklı bitirme projemizde; Yalın üretim felsefesinin teknik ve çalışmalarını firmaya uyarlayarak ve aksiyomlarla tasarım (AD) metodolojisiyle yalın üretim tekniklerini birleştirerek proje gerçekleştirmek hedeflenmektedir.

8. FİRMA TANITIMI

Yavuz Metal, otuz yılı aşkın üretim sürecinde Trabzon'un Arsin bölgesi Organize Sanayi Bölgesinde (OSB) 14.000 m² açık, 9.000 m² kapalı modern tesislerinde üretimini sürdürmektedir. 2012 yılında sektördeki yarım asırlık tecrübesi ile Cem Markasını bünyesine katan firma, daha kaliteli ve verimli üretim hedefleriyle, su sayaçları ve teknolojik gelişmeler ile ürünlerini kaliteden ödün vermeksizin hassas ölçüm sistemleri geliştirmeyi amaç edinerek çalışmalarına devam etmektedir. Ölçüm sistemleri konusunda Dünya standartlarında üretim gerçekleştiren firma, kalite belgeleri ve çevre duyarlılığı ile ilgili yetkili kuruluşlardan alınan kalite formlarına sahiptir. Trabzon Arsin OSB'de üretilen su sayaçları, Türkiye'nin bu alandaki ihtiyacını büyük ölçüde karşılamaktadır. Yavuz Metal, 1989'da çok ortaklı olarak kurulan ve 2012 yılına kadar soba ile soba borusu üreten şirketin zaman içinde hem ortak hem de üretim yapısı değişmiştir. Firma tek vardiya 704 adet üretim kapasitesine sahiptir.

Uluslararası akreditesi bulunan laboratuvar çalışmaları ile elektronik denilen yeni nesil su sayaçları da üretilmeye başlanmıştır. Tüm bu iyileştirmelerle birlikte dış pazarlara yönelik arayışlar da devam etmektedir. Hem yurtiçinde hem de yurtdışında büyük ölçüde aktiftir.

8.1. Ürünlerin İşlem Adımları

Mevcut sistemde su sayacı üretimi için 11 adet ana süreç vardır. Bunların sırası şöyledir;

1. Maça Bölümü: Yan sanayiden tedarik edilen Reçine, Serter, Silis Kumu, Çinko Külçe ve Elteks hammaddeleri kullanılarak maçalar elde edilir ve döküm işlemi için dökümhaneye gönderilir.
2. Döküm Bölümü: Yan sanayiden tedarik edilen pirinç külçe ve fabrikada oluşan sakat ürünlerin kullanılmasıyla üretilen yarı mamuller kumlama ve kesim bölümüne gönderilir.

3. Kumlama Bölümü: Dökümden elde edilen yarı mamuller üzerindeki kir ve maça kalıntılarını temizlemek için kumlama işlemi uygulanır. Bu işlem kumun yüksek basınçlı havayla metale çarptırılması işlemidir. Buradan elde edilen yarı mamuller kesim bölümüne gönderilir.
4. Kesim Bölümü: Kumlamadan gelen yarı mamuller; yollukların ve çıkıcıların kesilmesiyle boyahaneye gönderilir.
5. Boyahane Bölümü: Boyahane bölümü iki günde bir aktif olarak çalıştığı için birikmiş ara stoklardan başlanarak boyama işlemi gerçekleştirilir ve ürünler talaşlı imalat bölümüne aktarılır.
6. Talaşlı İmalat Bölümü: KDM5 üretiminde fason olarak tedarik edilen üst gövdeye delik açma ve boyahaneden gelen alt gövdeye kelepçe açma işlemleri uygulanır ve bu iki farklı yarı mamul sayaç montaja katılmak üzere stoklanır.
7. Plastik Bölümü: Plastik sanayisinden tedarik edilen ABS-elyafı, PC, Renklendirici, İ20 ve K300 hammaddeleri plastik bölümüne getirilir. Plastik üretimi tahmini olarak yapılır ve üretilen yarı mamuller direk depolanır. Sayaç montaj ve mekanizma montaj hatlarından istendiği durumlarda montaj hatlarına gönderilir.
8. Mekanizma Montaj Bölümü: Fabrikada mekanizma kısmının üç farklı durumu vardır:
 - Tamamen fason olarak tedarik edilen
 - Tamamen fabrikada üretilen
 - Bir kısmını fason olarak tedarik edilip bir kısmını fabrikada üretilen

KDM5 üretiminde mekanizma kısmı tamamen fason olarak tedarik edilip parçalar birleştirilmektedir ve firma tedarik edilen ürünlere kendi ismini ve gerekli verileri bastıktan sonra sayaç montaja göndermektedir.

9. Sayaç Montaj Bölümü: Talaşlı imalat bölümünden gelen yarı mamuller, mekanizma bölümünden gelen yarı mamuller, depodan gelen plastik yarı mamuller ve fason olarak temin edilen üst gövde birleştirilip paketleme bölümüne gönderilir.
10. Paketleme Bölümü: Palet üzerine dizilen bitmiş ürünlere jelatin ve zımbalama işlemleri uygulandıktan sonra depolamaya hazır olarak depo bölümüne gönderilir.
11. Depolama Bölümü: Ürünlerin sevkiyat için beklediği bölüm.

9.ÜRÜN AİLESİNİN SEÇİMİ

İşletmede tek bir ürün ailesi olan su sayacı üretilmektedir. Su sayaçları kuru-yaş tip, tek-çok hüzmeli ve sıcak-soğuk su olarak değişmekte ve çeşitlenmektedir. Mevcut değer harita uygulaması için işletmeye gidildiğinde, en çok talep gören KDM5 ürünü üretilmektedir ve bu durum göz önüne alınarak mevcut durum haritası çizilmiştir.



Şekil 9.1. Kuru Tip Su Sayacı

Model: KDM5

Çap: $\frac{3}{4}$ (DN 20)

Hassasiyet: $Q_3 = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ R160

Debi: $3 \text{ m}^3/\text{h}$

Boy: 190 mm

Teknik Özellikler: Çok Hüzmeli, Don Emniyetli, Vakumlu, Manyetik Korumalı, Çekvalfli, Filtreli, Pirinç Gövdeli

10.MEVCUT DEĞER AKIŞ HARİTASI

MEVCUT DURUM KOYULCAK

YAVUZ METAL VE SAN. A.Ş.'de üretim, büyük işletmeler için ihale bazlı, küçük işletmeler için sipariş bazlı olarak yapılmaktadır. Sipariş olmadığı durumlarda ise sürekli talep gören KDM5 sayacı üretilip depolanmaktadır. Firmaya mevcut durum haritalandırma analizi uygulamak için gidildiğinde İSKİ'den 200.000 adet KDM5 sayacı ihale olarak alınıp üretilmekteydi. Firmada üretim ERP (Canias) sistemine siparişlerin girilmesi ve MRP planı oluşturulup üretim emri verilmesiyle başlar. Depodaki hammadde stoğuna göre hammadde ihtiyaç planlaması çıkarılıp ihtiyaç doğrultusunda tedarik edilir. Kullanılan hammadde çeşitleri üç farklı prosese dâhil olur. Bunlar maça, döküm ve plastiktir.

Maça için; Reçine, Serter, Silis Kumu, Çinko Külçe ve Elteks

Döküm için; Pirinç Külçe, sakat ürünler ve yolluklar

Plastik için; ABS-elyafı, PC, Renklendirici, İ20, K300

Üretim bölümünde ürünün geçtiği her prodesten sonra ürünler hatalı, hatasız olarak ayıklanır. Maça bölümde iki maça makinesi bulunmaktadır ancak makinelerden biri aktif olarak çalışıp 21,5 saniyede bir ürün üretmektedir. Maça makinesi başında bir işçi bulunmaktadır. Maçadan çıkan ürünler döküm bölümüne götürülür. Bölümde üç farklı döküm makinesi ve üç de çalışan bulunur.

Döküm hammaddesi olan pirinç külçe, sakat ürünler ve yolluklar ocak bölümüne getirilir. Ocaktan alınan ergiyik malzeme çalışanlar tarafından alınarak döküm makinelerine aktarılır. Dökümden çıkan ürünler, kumlama ve kesim işlemleri için seleye yerleştirilir. Seledaki ürün sayısı 60'a ulaştıktan sonra işlenmek üzere prosese alınır. Önce kumlama ve hemen ardından kesim işlemleri gerçekleştirilir. Sonrasında yapılacak olan boyama işlemi iki günde bir yapıldığı için yarı mamuller biriktirilir.

Boyama işlemi gerçekleştirilen yarı mamuller kelepçe açma işlemleri için CNC işleme makinelerine gönderilir. Bu süre zarfında fason olarak tedarik edilen üst gövde delik açma işlemi için talaşlı imalat bölümüne getirilir. İşleme bölümlerinden çıkan alt gövdeyle üst gövde birleştirilmek üzere sayaç montaja gönderilir.

Plastik üretimi ise hammaddenin plastik bölümüne getirilmesiyle ürünler üretilmeye başlanır. Plastik bölümünde üretimler 32-36 sn. arasında değişen çevrim süresi ile tahmini

olarak yapıp depolanmaktadır. Bu bölümden çıkan tüm ürünler depoda tutulur, ihtiyaç doğrultusunda mekanizma montaj hattına veya sayaç montaj hattına gönderilir.

Mekanizma montaj hattında mekanizma hazırlanır ve sayaç montaja gönderilir. Sayaç montajda alt gövde, üst gövde, mekanizma ve gerekli plastiklerin takılmasıyla bitmiş ürün elde edilir. Bitmiş ürünler kutularak palet üzerinde biriktirilir. Palet, paketleme bölümüne gönderilir ve 3 çalışan tarafından jelatinlenerek ve zımbalanarak sevkiyata hazır hale gelmesiyle depoya aktarılır.

Tablo 10.1. Her Proses İçin OEE Değerlerinin Hesaplanması

PROSES	KULLANILABİLİRLİK X VERİMLİLİK X KALİTE = OEE			
MAÇA	51,50%	86,10%	95,60%	42,30%
DÖKÜM	19,50%	92,90%	73,60%	13%
KESİM, KUMLAMA	62%	92%	100%	57,04%
BOYAMA	82,90%	82,90%	100%	68,70%
İŞLEME	40,90%	87,60%	99,70%	36%
ÜST İŞLEME	71,70%	72,62%	99%	50%
PLASTİK	63,30%	90,78%	99%	56%
SAYAÇ MONTAJ	71,90%	89,04%	99,70%	63,80%
MEKANİZMA MONTAJ	71,90%	99,60%	99,70%	71,40%

Tablo 10.2. Toplam OEE Değeri Hesaplaması İçin Zaman Ağırlıkları

Zaman Ağırlıkları
0,045
0,027
0,024
0,009
0,429
0,033
0,071
0,038
0,116

10.1. Değer Akış Haritasının Yorumlanması: Belirtiler ve Şikâyetler

Sistemde tespit edilen problemler şunlardır:

1. Mevcut durumda stokta bekleyen hammaddeler, yarı mamuller, beklemeler, taşımalar ve ara stoklar 23,13 günlük yüksek bir temin süresine sebep olmaktadır.
2. İşletmenin temin ettiği hammadde stokları, maça bölümünde 1,1 günde, döküm bölümünde 2,93 günde ve plastik bölümünde 1,12 günde eritilmektedir.
3. Üretilen yarı mamuller stoklarının eritilmesi ise, döküm bölümünde 1,47 gün, kesim ve kumlama bölümünde 0,04 gün, boyama bölümünde 2,2 gün, talaşlı imalat bölümünde 0,17 gün, sayaç ve mekanizma montaj bölümünde 2,93 gün, paketlenme bölümünde 0,37 gün sürmektedir.
4. Depodaki bitmiş ürün stok miktarı 2,57 gündür.
5. Boyama ve sayaç montaj bölümlerinde iş gücü miktarı, işleme bölümünün ise işlem sürelerinin fazla olduğu gözlenmektedir.
6. Hammadde stokları ve ara stoklar fabrikada önemli ölçüde alan işgal etmektedir.
7. Hammadde, zamanında tedarik edilememesi nedeniyle yüksek miktarda sipariş verilmektedir. Bu durum hammadde stoğunun fabrikada fazla yer işgal etmesine sebep olmaktadır. Ek olarak, hatları besleyen ara stoklar seviyeleri yüksek olmasına rağmen doğru parçanın zamanında gelmemesinden dolayı makinelerde beklemeler yaşanmaktadır.
8. Döküm bölümünde yapılan işlemlerde zaman zaman hatalar oluşmakta ve sakat ürünler çıkmaktadır.
9. Bilgi akışının tam sağlanamaması nedeniyle bölümler arası uyumsuzluk görülmekte ve yarı mamuller biriktirilerek diğer bölüme aktarılmaktadır.

10. Tüm prosesleri içeren toplam ekipman etkinliğini hesaplamak için proseslerin ayrı ayrı OEE değerleri Tablo 10.1’de hesaplanmaktadır. Proseslerin toplam ekipman etkinliği değerleri, zaman ağırlıklarıyla çarpılıp toplanarak tek bir toplam ekipman etkinliği (OEE) bulunur. Zaman ağırlıkları ise her bir prosesin çevrim sürelerinin toplam işlem süresine bölünmesiyle bulunmaktadır. Hesaplamalar sonucunda genel toplam ekipman etkinliği (OEE) değeri %36 olarak bulunmuştur.

11. UYGULAMA

11.1. Aksiyomatik Tasarım Uygulaması

11.1.1.Yalın Üretim Sistem Tasarımı

İşletmenin mevcut geleneksel itme sistemi incelendiğinde, müşteri ihtiyaçlarına istenilen şekilde yanıt veremediği görülmüştür. Bu nedenle müşterilerine daha iyi hizmet verebileceği ve işletme içi verimliliğini arttırabileceği yalın üretim sistemine geçiş önerilmiştir. Bunu gerçekleştirirken yalın üretimin ilk adımı olan değer akış haritalama tekniği kullanılmıştır.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 1 = Mevcut durumun anlaşılması, performansının değerlendirilmesi ve sürekliliğin sağlanması

FR 2 = Üretim sistemindeki etkinliği arttırmak

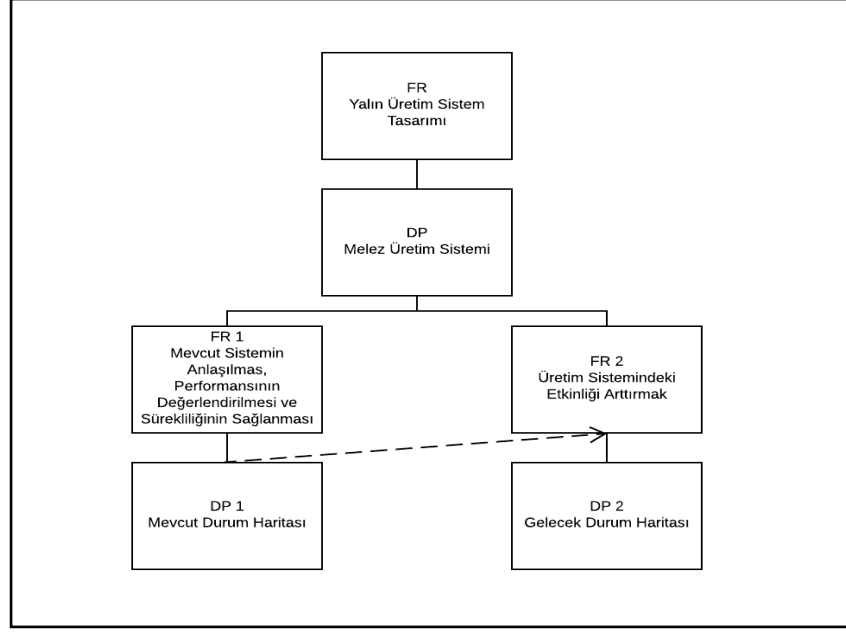
Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 1 ve FR 2'yi karşılamak üzere oluşturulmuştur:

DP 1 = Mevcut durum haritası

DP 2 = Gelecek durum haritası

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR1 \\ FR2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP1 \\ DP2 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.1. FR'nin Ayrıştırılması

11.1.2. Üretim Sistemindeki Etkinliği Arttırması

Üretim sistemindeki etkinliğin arttırılması için gelecek durum haritası çizilerek öneriler sunulmuştur. Bu öneriler kapsamında verimliliği en yüksek seviyeye çıkaracak; sürece uyumlu üretim tipleri, çekme sistemine geçilmesi ve ekipman iyileştirilmesi uygulamalarının entegre edilmesi sağlanmıştır.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 21 = Sürece uygun üretim tiplerinin kullanılması

FR 22 = Malzeme ve bilgi akışının etkin hale getirilmesi

FR 23 = Ekipmanların iyileştirilmesi

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 21, FR 22 ve FR 23'ü karşılamak üzere oluşturulmuştur:

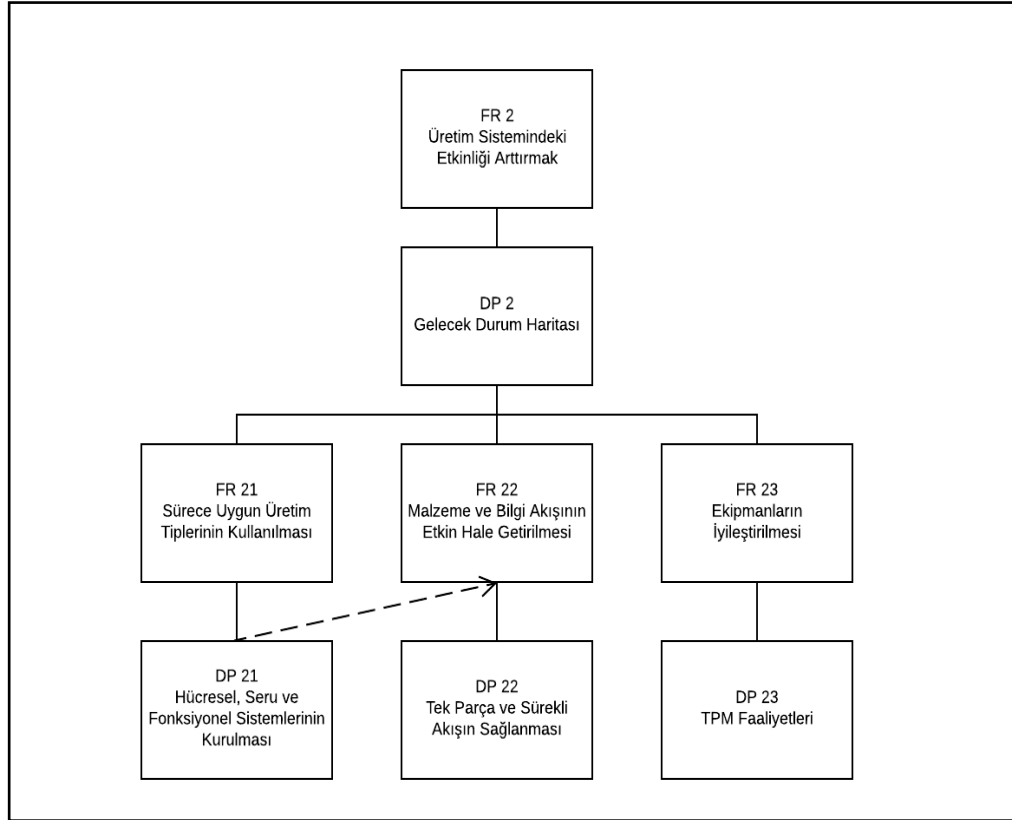
DP 21 = Hücresel, fonksiyonel ve serü sistemlerinin kurulması

DP 22 = Tek parça ve sürekli akışın sağlanması

DP 23 = TPM faaliyetleri

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR21 \\ FR22 \\ FR23 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ & & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP21 \\ DP22 \\ DP23 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.2. FR2 'nin Ayrıştırılması

11.1.3. Sürece Uygun Üretim Tiplerinin Belirlenmesi

Yalın üretim sistemine geçiş için sürece uygun farklı üretim tiplerinin avantajlarından faydalanılmak istenmektedir. Hücresel, serü ve fonksiyonel üretim tipleri birleştirilerek melez bir sistem oluşturulması amaçlanmaktadır. Sistemin verimliliğinin en yüksek seviyede olması için hücrelerin ve bölümlerin birbirlerine göre konumlarının dikkate alınması gerekmektedir.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 211= Hücresel/Serü sistemlerinin kurulması

FR 212= Fonksiyonel sistemin kurulması

FR 213=Hücrelerin ve bölümlerinin birbirine göre konumlarının belirlenmesi

FR 214= Çalışanları farklı üretim tipleri hakkında bilgilendirme

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 211, FR 212, FR 213 ve FR 214' ü karşılamak üzere oluşturulmuştur:

DP 211= Ürün ve makine gruplarının belirlenmesi ve yerleşimi

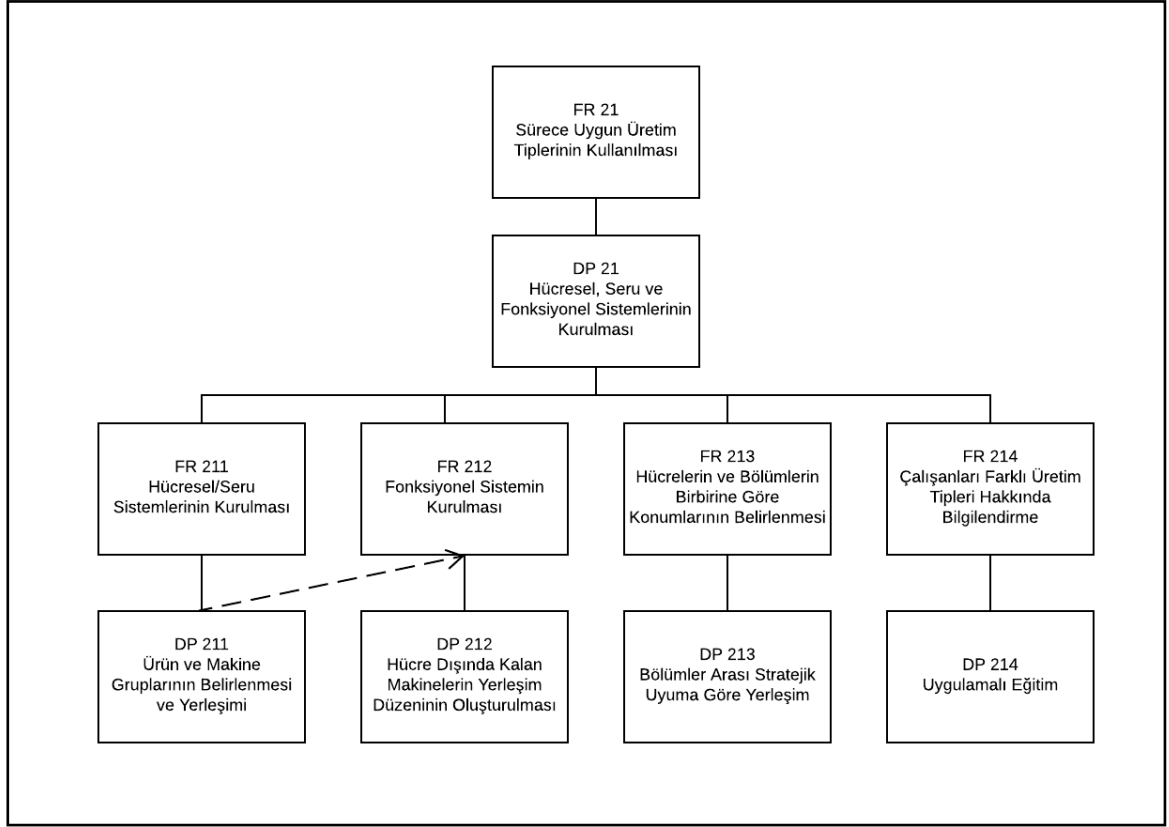
DP 212= Hücre dışında kalan makinelerin yerleşim düzeninde oluşturulması

DP 213= Bölümler arası stratejik uyuma göre yerleşim

DP 214= Uygulamalı eğitim

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR211 \\ FR212 \\ FR213 \\ FR214 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & \\ X & X & & \\ & & X & \\ & & & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP211 \\ DP212 \\ DP213 \\ DP214 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.3. FR21 'in Ayrıştırılması

11.1.4. Hücresel/ Seru Sistemlerinin Kurulması

Aynı anda farklı ürün çeşitlerini üretmek ve tek parça sürekli akışı sağlamak için hücresel/seru sistemlerinin kurulması amaçlanmaktadır. Esneklik sağlayan bu sistemin kurulması için ürün bilgilerinden yola çıkılarak makine/ürün grupları oluşturulup, ürün rotaları belirlenir ve uygun hücrelere atama yapılır. Yapılan uygun atamalarla geri dönüşlerin engellendiği etkin bir sistem kurulmuş olur.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 2111: Makine Çevrim Sürelerinin Belirlenmesi

FR 2112: Ürün Gruplarının Oluşturulması

FR 2113: Hücrelere Makinelerin Atanması

FR 2114: Hücre İçinde Geri Dönüşlerin Engellenmesi

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 2111, FR 2112, FR 2113 ve FR 2114' ü karşılamak üzere oluşturulmuştur:

DP 2111: Ürün Bilgilerinin Elde Edilmesi

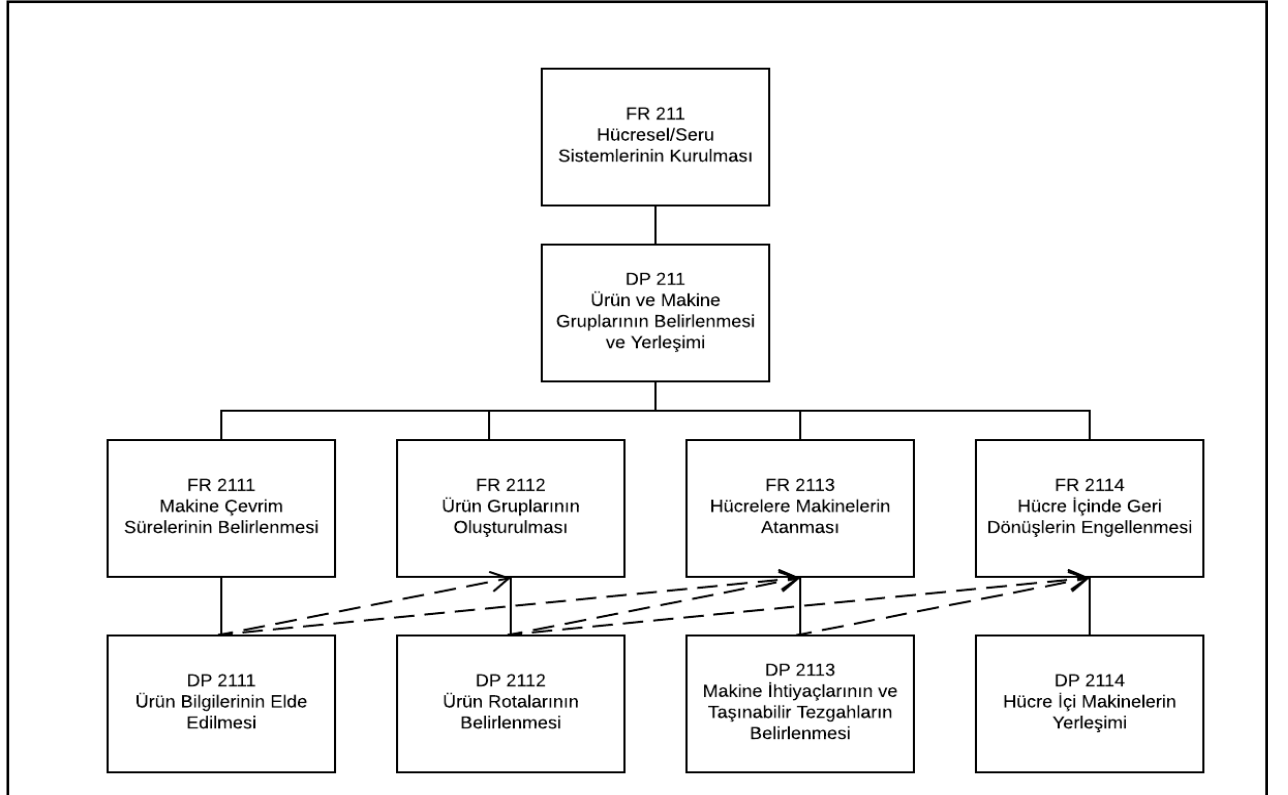
DP 2112: Ürün Rotalarının Belirlenmesi

DP 2113: Makine İhtiyaçlarının ve Taşınabilir Tezgahların Belirlenmesi

DP 2114: Hücre İç Makinelerin Yerleşimi

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR2111 \\ FR2112 \\ FR2113 \\ FR2114 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & \\ X & X & & \\ X & X & X & \\ & X & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP2111 \\ DP2112 \\ DP2113 \\ DP2114 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.4. FR211 'in Ayrıştırılması

11.1.5. Hücrelere Makinelerin Yerleştirilmesi

Hücresel/Seru sistemleri için gerekli ekipmanların sayısı, bakım ve benzeri gibi ihtiyaçlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu inceleme sonucunda üretim alanında bulunan ve kullanılmayan makineler aktifleştirilir ya da hurdaya ayrılır. İhtiyaç duyulan araç gereçlerin ise tezgâh esnekliği kriteri göz önüne alınarak temin edilmesi gerekir.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 21131: Aktif olmayan makinelerin hurdaya atılması ya da aktifleştirilmesi

FR 21132: Hücreler için gerekli makine/tezgâh sayısının belirlenmesi

FR 21133: Tezgâh esnekliğinin sağlanması

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 21131, FR 21132 ve FR 21133'ü karşılamak üzere oluşturulmuştur:

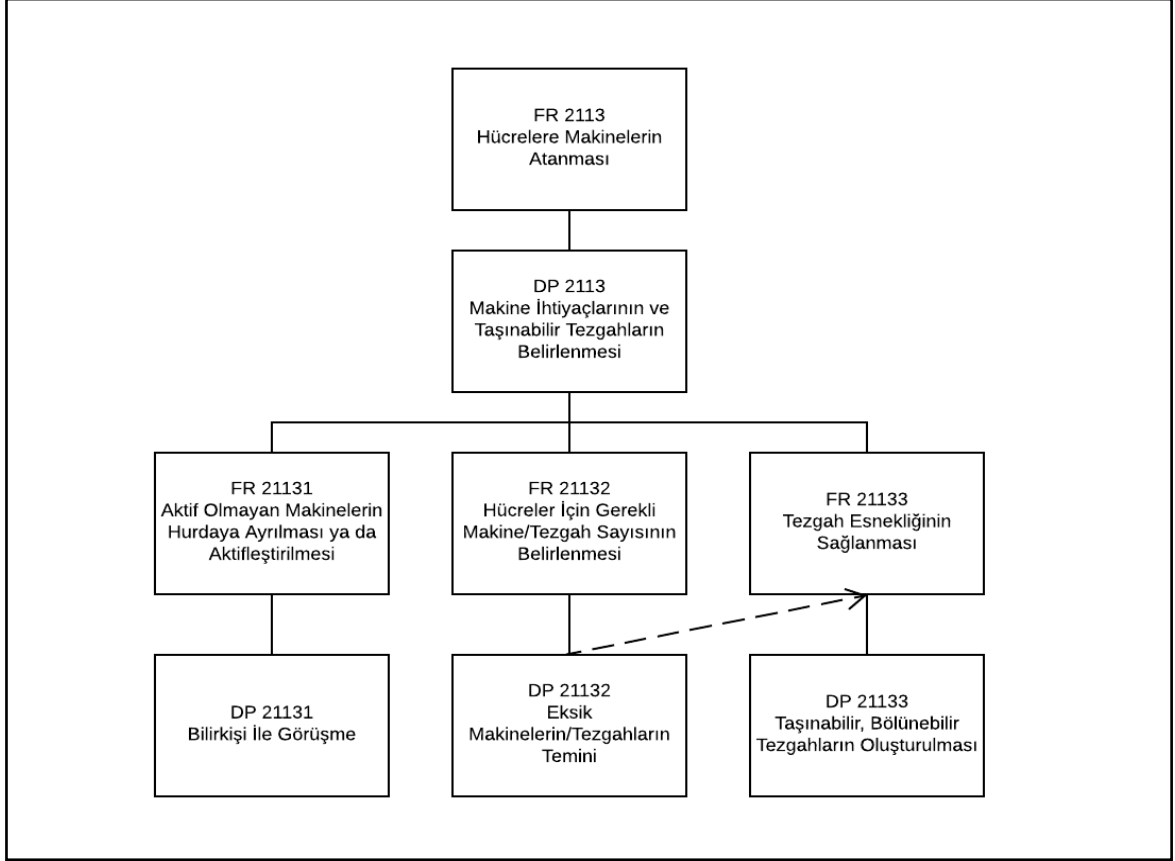
DP 21131: Bilirkişi ile görüşme

DP 21132: Eksik makine/ tezgâh temini

DP 21133: Taşınabilir, bölünebilir tezgahların oluşturulması

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR21131 \\ FR21132 \\ FR21133 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ & X & \\ & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP21131 \\ DP21132 \\ DP21133 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.5. FR2113 'ün Ayrıştırılması

11.1.6. Malzeme ve Bilgi Akışının Etkin Hale Getirilmesi

Yalın üretim uygulamasında tek parça sürekli akışın sağlanması için malzeme ve bilgi akışının etkin bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Bu etkinlik sağlanamadığı takdirde çekme sisteminin uygulanmasında hatalar oluşmaktadır

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 221 = Çekme ve kanban sistemine geçiş

FR 222 = Hammadde, yarı mamul ve mamul taşımının sağlanması

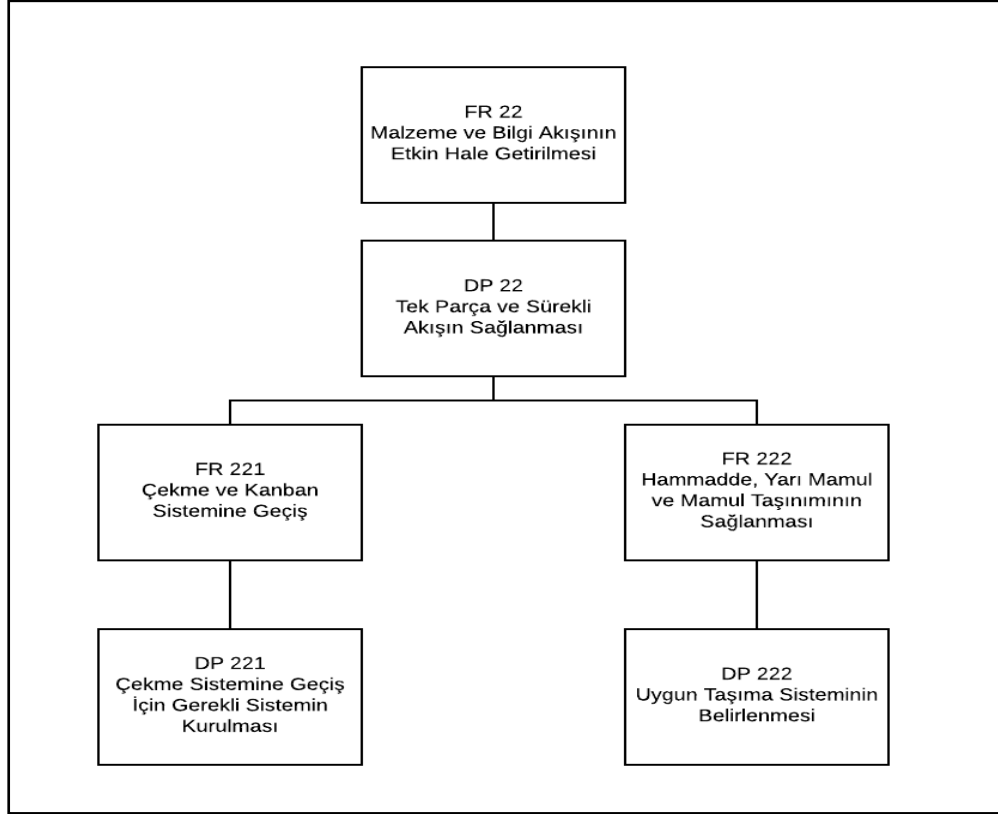
Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 221 ve FR 222'yi karşılamak üzere oluşturulmuştur:

DP 221 = Çekme sistemine geçiş için gerekli sistemin kurulması

DP 222 = Uygun taşıma sisteminin belirlenmesi

Elde edilen ayırık tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR221 \\ FR222 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP221 \\ DP222 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.6. FR22 'nin Ayrıştırılması

11.1.7. Çekme ve Kanban Sistemine Geçiş

Çekme sistemi müşterinin istediği ürünün tam zamanında, doğru miktarda ve düşük maliyetle üretilmesini sağlar. İtme sisteminden çekme sistemine geçiş aşamasında ilk olarak israflar elimine edilmeye çalışılır. Böylelikle sistemdeki aşırı yük yüklemelerinden ve değişkenliklerden kaynaklanan mudaların azaltılması sağlanır. Ayrıca sisteme geçiş için çalışanlara çekme/kanban kültürünün benimsenmesi gerekmektedir.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 2211 = Sistemdeki muda kaynaklarının elimine edilmesi

FR 2212 = Tam zamanında ve düşük maliyetle ürün üretilmesinin sağlanması

FR 2213 = Çekme/kanban kültürünün benimsetilmesi

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 2211, FR 2212 ve FR 2213'ü karşılamak üzere oluşturulmuştur:

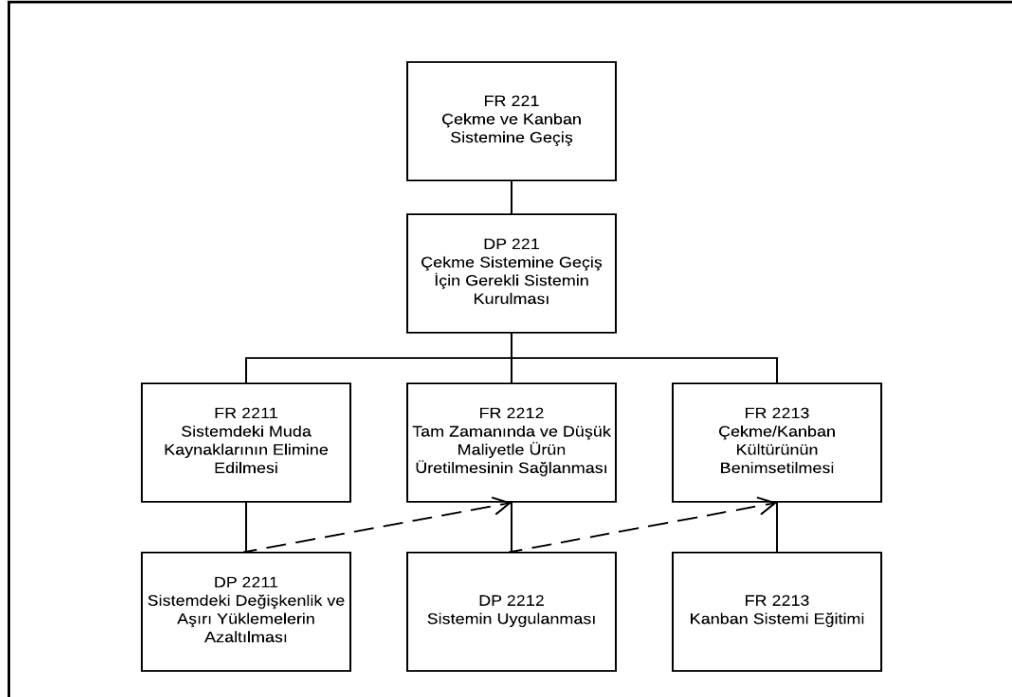
DP 2211 = Sistemdeki değişkenlik ve aşırı yüklemelerin azaltılması

DP 2212 = Sistemin uygulanması

DP 2213 = Kanban sistemi eğitimi

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR2211 \\ FR2212 \\ FR2213 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP2211 \\ DP2212 \\ DP2213 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.7. FR221 'in Ayrıştırılması

11.1.8. Sistemdeki Muda Kaynaklarının Elimine Edilmesi

Yalın üretim uygulamasının ilk hedeflerinden biri üretim içi stokların azaltılmasıdır. Bu nedenle, öncelikle ara stoklara neden olan aşırı yüklemelerden ve sistem içi dengesizliklerden kaçınılması gerekir. Dengesizliklerden kaynaklanan ara stokların azaltılması ve sürekli akışın sağlanması için makineler arası çevrim sürelerinin olabildiğince birbirine yakın olması gerekmektedir. Aynı zamanda fazla beklemeye sebep olan parça değişim sürelerinin de azaltılması gerekir.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 22111 = Ara stokların azaltılması

FR 22112 = Parça değişim sürelerinin azaltılması

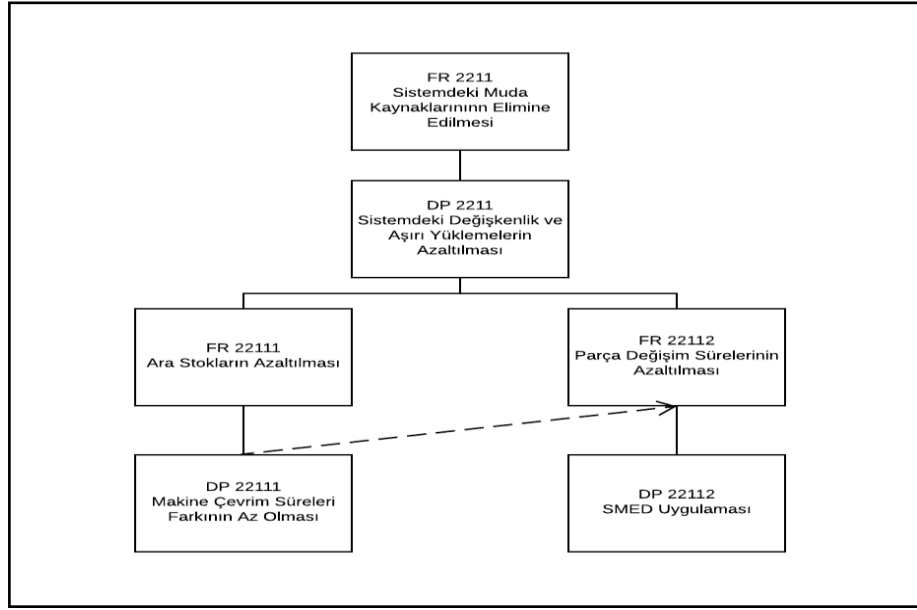
Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 22111 ve FR 22112'yi karşılamak üzere oluşturulmuştur:

DP 22111 = Makine çevrim sürelerini farkının az olması

DP 22112 = SMED Uygulaması

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR22111 \\ FR22112 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP22111 \\ DP22112 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.8. FR2211 'in Ayrıştırılması

11.1.9. Tam Zamanında ve Düşük Maliyetle Ürün Üretilmesinin Sağlanması

Çekme sisteminin ana hedeflerinden biri olan tam zamanında ve düşük maliyetle ürün üretiminin sağlanması için tek parça ve sürekli akışın sağlanması gerekmektedir. Öncelikle çekmenin uygulanacağı alanlar ve akışın nasıl ilerleyeceğine dair prosedür oluşturulur ve uygulamaya geçilir. Kanban uygulamasının gerçekleştirilebilmesi için süreç içi stoklarının ve akışın ne durumda olduğu bilinmelidir. Bu durum tasarım matrisi tipinin bağlı tasarım matrisi olduğunu gösterir. Aksiyomatik tasarım ilkeleri gereği bağlı tasarım istenmeyen bir durumdur. Bu matrisi ayrık tasarıma çevirmek ya da ayrılmış tasarım haline getirmek gerekmektedir.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 22121 = Çekme alanlarının belirlenmesi

FR 22122 = Süreç içi stok kontrolü ile akışı sağla

FR 22123 = Görsel iletişimin sağlanması

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 22121, FR 22122 ve FR 22123'yi karşılamak üzere oluşturulmuştur:

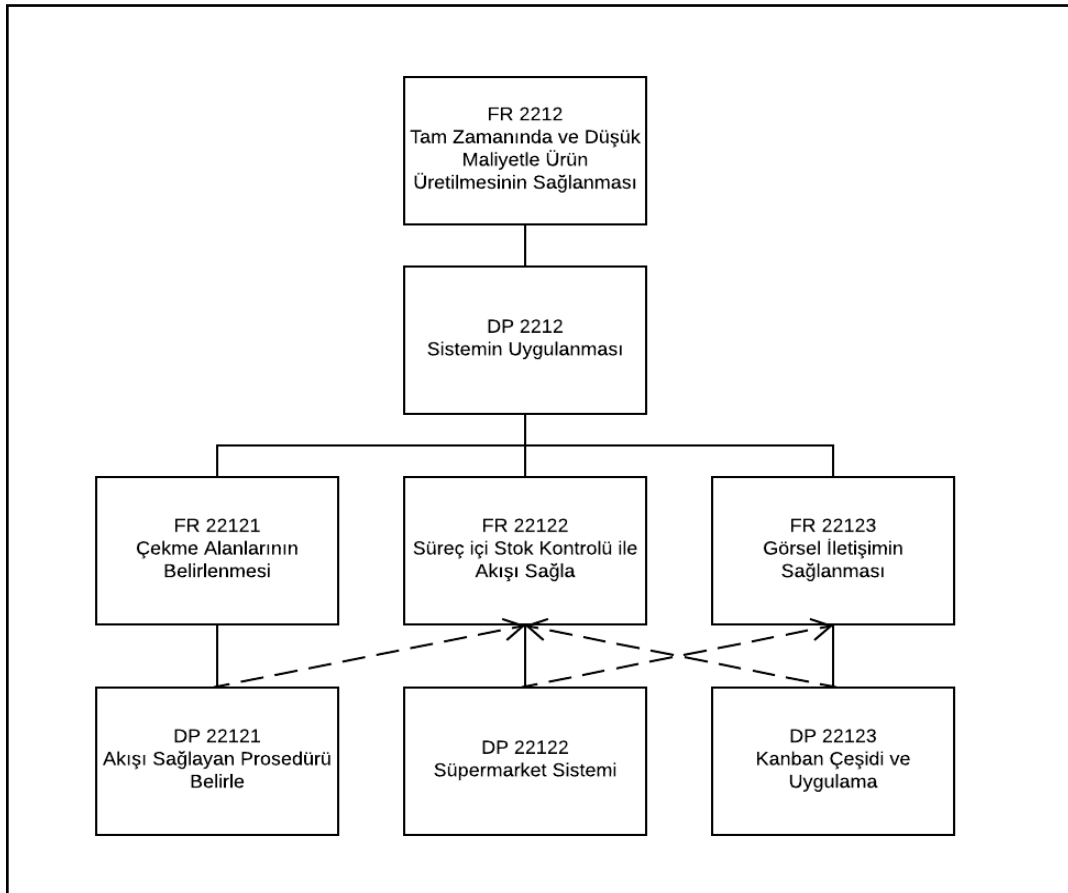
DP 22121 = Akışı sağlayan prosedürü belirle

DP 22122 = Süpermarket sistemi

DP 22123 = Kanban çeşidi ve uygulama

Elde edilen bağlı tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR22121 \\ FR22122 \\ FR22123 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & X \\ & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP22121 \\ DP22122 \\ DP22123 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.9. FR2212 'nin Ayrıştırılması

11.1.10. Süreç İçi Stok Kontrolü ile Akışı Sağla

Tek parça sürekli akışın sağlanabilmesi için süreç içi stokların kontrolünü sağlayacak süpermarket sistemi kurulmalıdır. Ürünlerin boyut ve ağırlık gibi niteliksel özellikleri dikkate alınarak süpermarket tasarımı yapılır ve bu tasarımların uygun noktalara kurulumu sağlanır.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 221221 = Çekme uygulanacak bölümlerin belirlenmesi

FR 221222 = Süpermarket oluşturma

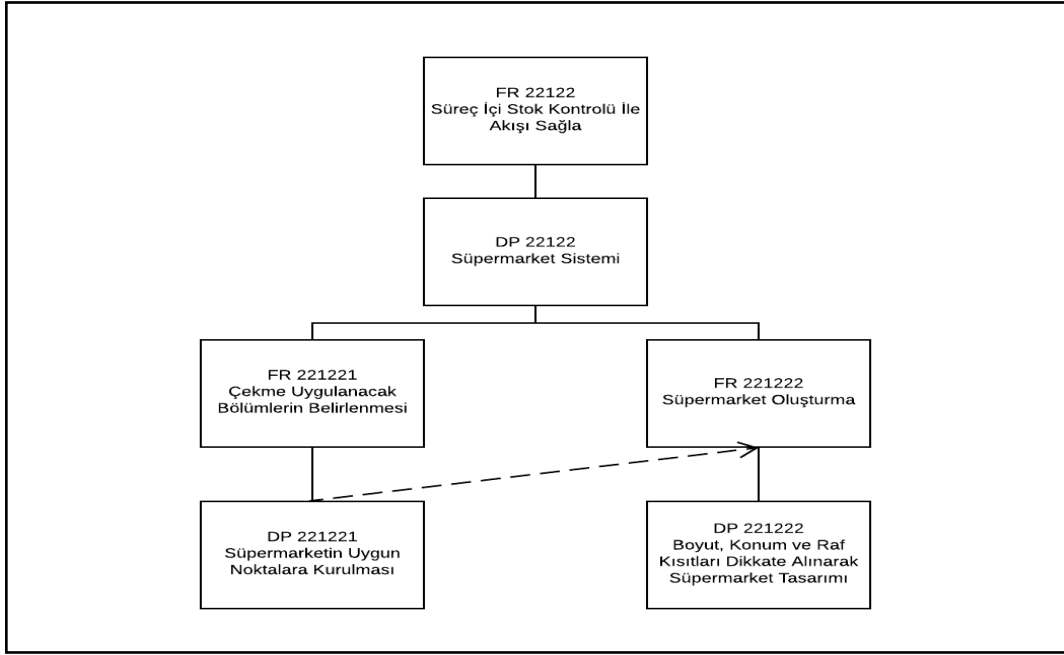
Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 221221 ve FR 221222'yi karşılamak üzere oluşturulmuştur:

DP 221221 = Süpermarketin uygun noktalara kurulması

DP 221222 = Boyut, konum ve raf kısıtları dikkate alınarak süpermarket tasarımı

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR221221 \\ FR221222 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & \\ X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP221221 \\ DP221222 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.10. FR22122'nin Ayrıştırılması

11.1.11. Görsel İletişimin Sağlanması

Çekme sisteminde görsel iletişimin rolü büyüktür. Bu iletişimi sağlamak için kanban kullanılır. Belirlenen proste ve alanlarda kartların planlamasının yapılması ve uygun kartların seçimi gibi çalışmalar yapılır. Yapılan çalışmalar doğrultusunda sistemin yapısı için en uygun tasarımın belirlenmesi gerekmektedir.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 221231 = Kanban kurallarının tanımlanması

FR 221232 = Kanban uygulanacak alanın belirlenmesi

FR 221233 = Kanban planlaması

FR 221234 = Kartların oluşturulması

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 221231, FR 221232, FR 221233 ve FR 221234'ü karşılamak üzere oluşturulmuştur:

DP 221231 = Prosedür oluşturma

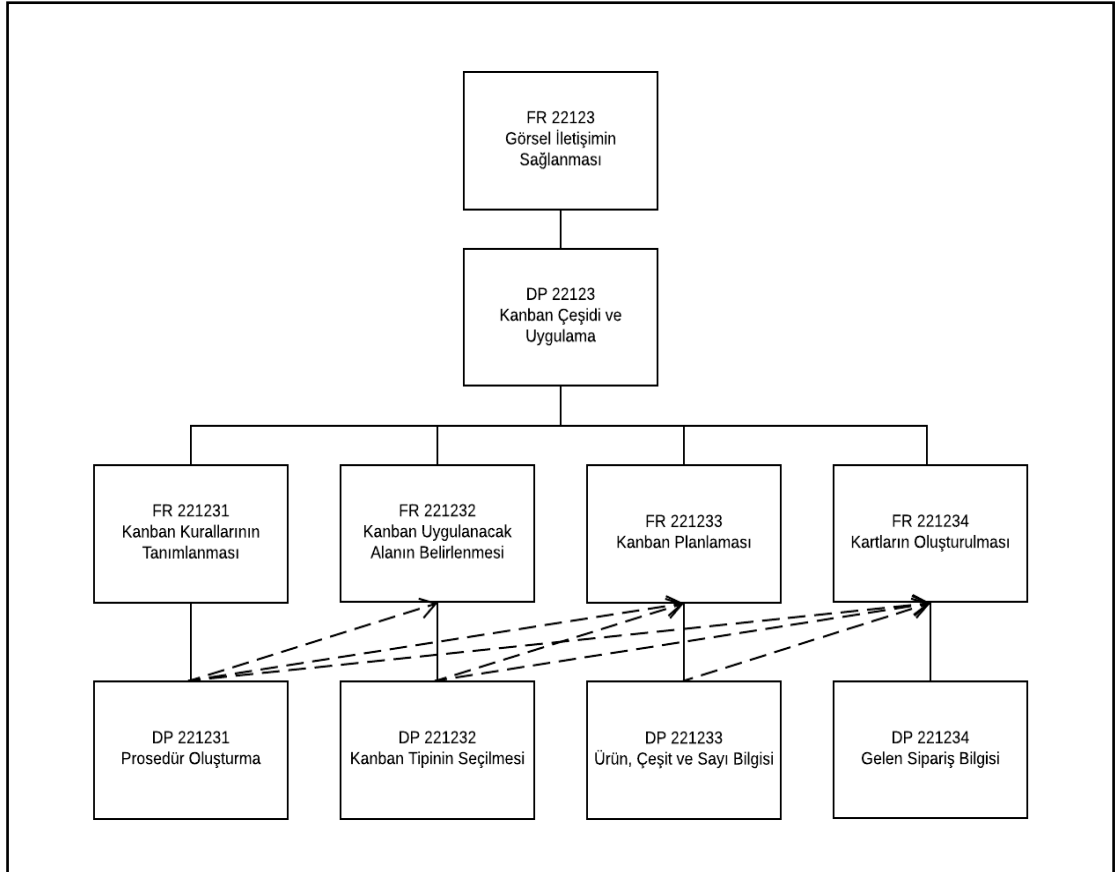
DP 221232 = Kanban tipinin seçilmesi

DP 221233 = Ürün çeşit ve sayı bilgisi

DP 221234 = Gelen sipariş bilgisi

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR221231 \\ FR221232 \\ FR221233 \\ FR221234 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & \\ X & X & & \\ X & X & X & \\ X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP221231 \\ DP221232 \\ DP221233 \\ DP221234 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.11. FR22123'ün Ayrıştırılması

11.1.12. Çekme/Kanban Kültürünün Benimsetilmesi

İtme sisteminden çekme sistemine geçiş aşamasında uygulanacak süreçlerde zorluklar yaşanıldığı gibi, çalışanlarında bu yeni sisteme adapte olmaları güçlük göstermektedir. Bu kültürün benimsetilmesi için çalışanlara eğitim verilebilir. Sisteme geçişte yardımcı olacak bir danışman ile çalışılabilir.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 22131 = Çalışanların eğitimi ve bilinçlendirilmesi

FR 22132 = Çalışanların eğitimi benimsetilip katılmasının sağlanması

FR 22133 = Kanban fikrinin tüm çalışanlara aktarılması

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 22131, FR 22132 ve FR 22133'ü karşılamak üzere oluşturulmuştur:

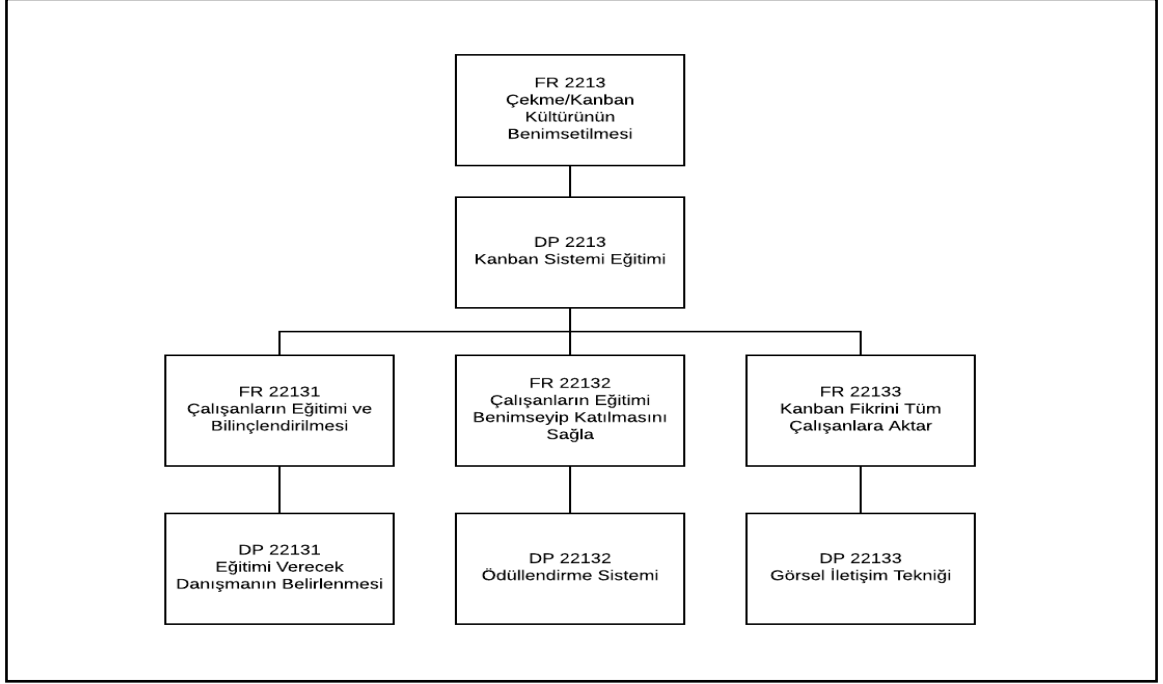
DP 22131 = Eğitimi verecek danışmanın belirlenmesi

DP 22132 = Ödüllendirme sistemi

DP 22133 = Görsel iletişim tekniği

Elde edilen ayırık tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR22131 \\ FR22132 \\ FR22133 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ & X & \\ & & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP22131 \\ DP22132 \\ DP22133 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.12. FR2213' n Ayrıştırılması

11.1.13. Hammadde, Yarı Mamul ve Mamul Taşımının Sağlanması

Tek parça ve sürekli akışın sağlanmasında etkin bir malzeme taşımının oluşturulması önemli bir faktördür. Öncelikle malzeme özellikleri dikkate alınarak gruplandırma yapılır ve bu malzemelerin rotaları belirlenir. Oluşturulan rotalar kapsamında uygun taşıma sistemi belirlenir.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 2221 = Malzemelerin büyüklük ve miktarına göre gruplandırılması

FR 2222 = Taşıma işleminde en kısa mesafenin bulunması

FR 2223 = Uygun taşıma aracının belirlenmesi

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 2221, FR 2222 ve FR 2223'  karşılamak üzere oluşturulmuştur:

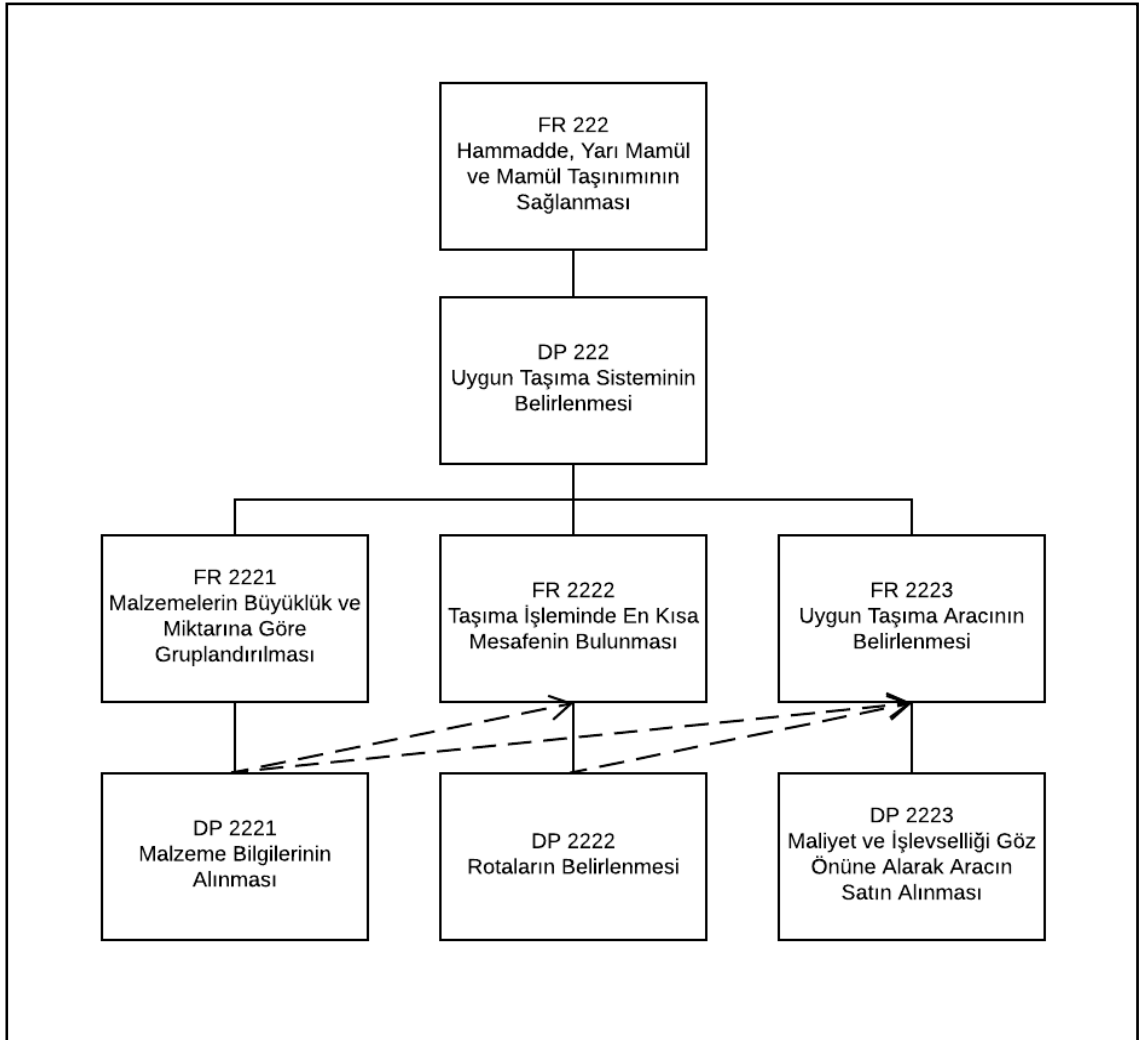
DP 2221 = Malzeme bilgilerini alınması

DP 2222 = Rotaların belirlenmesi

DP 2223 = Maliyet ve işlevselliği göz önüne alarak aracın satın alınması

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR2221 \\ FR2222 \\ FR2223 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP2221 \\ DP2222 \\ DP2223 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.13. FR222'nin Ayrıştırılması

11.1.14. Üretim Sistemindeki Etkinliği Arttırmak

Gelecek durum haritasıyla sistemin üretim etkinliğini arttırmak hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşabilmenin yollarından biri sürece uygun üretim tipleri belirlenerek ve belirlenen tiplere göre ürün ve makine ataması yapılarak gerçekleştirilecektir. Malzeme ve bilgi akışının sorunsuz bir şekilde işleyebilmesi için yapılan atamanın sistemde kullanılacak taşıma sistemiyle uyumlu olması gerekmektedir.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR 211 = Hücresel/seru sistemlerinin kurulması

FR 212 = Fonksiyonel sistemlerin kurulması

FR 213 = Hücrelerin ve bölümlerin birbirlerine göre konumlarının belirlenmesi

FR 214 = Çalışanların farklı üretim tipleri hakkında bilgilendirme

FR 221 = Çekme ve kanban sistemine geçiş

FR 222 = Hammadde, yarı mamul ve mamul taşımının sağlanması

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 211, FR 212, FR 213, FR 214, FR 221 ve FR 222'yi karşılamak üzere oluşturulmuştur:

DP 211 = Ürün ve makine gruplarının belirlenmesi ve yerleşimi

DP 212 = Hücre dışında kalan makinelerin yerleşim düzeninin oluşturulması

DP 213 = Bölümler arası stratejik uyuma göre yerleşim

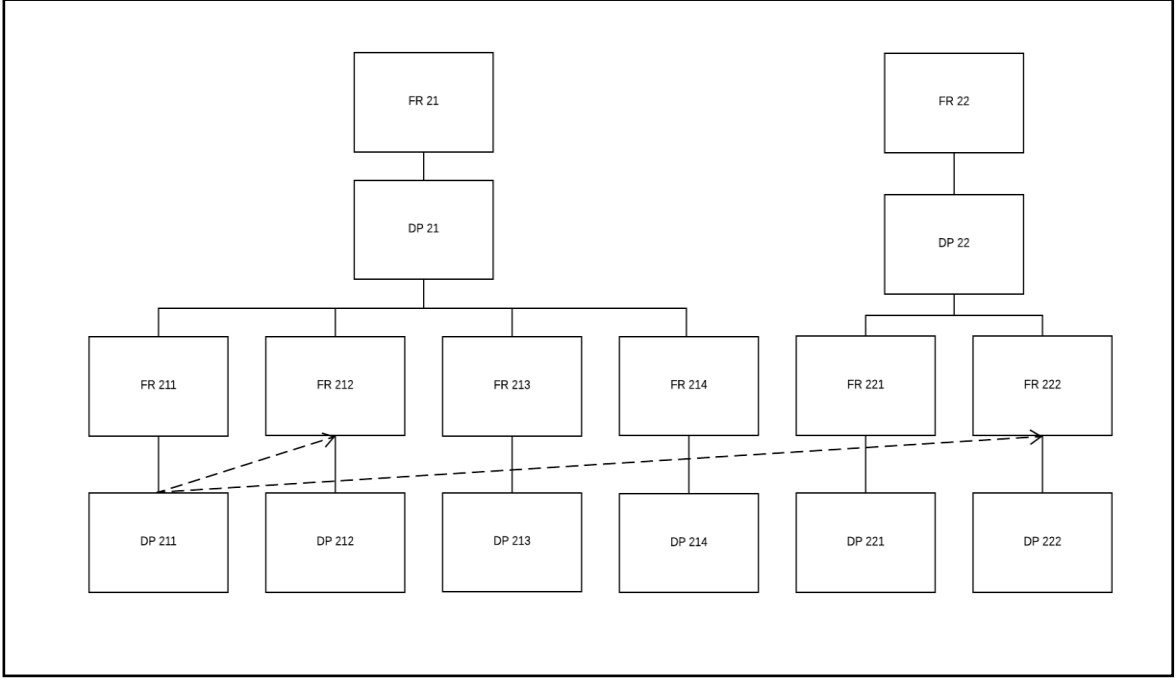
DP 214 = Uygulamalı eğitim

DP 221 = Çekme sistemine geçiş için gerekli sistemin kurulması

DP 222 = Uygun taşıma sisteminin belirlenmesi

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR211 \\ FR212 \\ FR213 \\ FR214 \\ FR221 \\ FR222 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & & & \\ X & X & & & & \\ & & X & & & \\ & & & X & & \\ & & & & X & \\ & X & & & & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP211 \\ DP212 \\ DP213 \\ DP214 \\ DP221 \\ DP222 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.14. FR2'nin Ayrıştırılması

11.1.15. Ekipmanların İyileştirilmesi

Yalın üretim için önemli olan toplam üretken bakım faaliyetleri makine ve ekipmanların etkinliğini en yüksek seviyeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda bakım çalışmalarının düzenlenip, insan makine etkileşiminin sağlanması ile hata oranının en aza indirgenmesi istenmektedir. Toplam üretken bakım içerisindeki önemli bir performans göstergesi olan OEE değeri belirlenerek makinelerin ne kadar etkin kullanıldığı saptanır ve böylece kıyaslama imkânı sağlar.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR231 = Ekipmanların kullanılabilirliğini arttırmak

FR232= Hataya anında müdahale edilebilmesi

FR233=KPI'ların saptanması

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 231, FR232 ve FR 233'ü karşılamak üzere oluşturulmuştur:

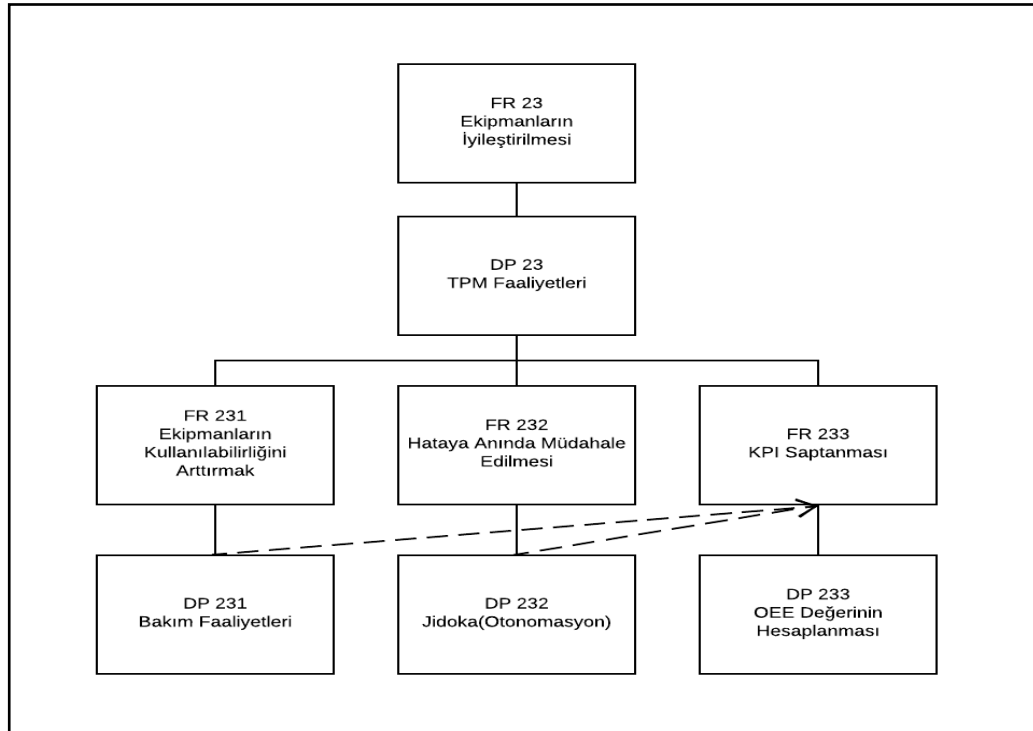
DP231=Bakım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi

DP232=Jidoka (otonomasyon)

DP233=OEE değerinin hesaplanması

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR231 \\ FR232 \\ FR233 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP231 \\ DP232 \\ DP233 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.15. FR23'ün Ayrıştırılması

11.1.16. Ekipmanların Kullanılabilirliğini Arttırmak

Toplam üretken bakımın temelinde yer alan ekipman kullanılabilirliğini arttırmak için bakım faaliyetleri uygulanmalıdır. Bu bakım faaliyetleriyle kurma ve ayarlamalardan kaynaklanan israfların, makine arızaları gibi sorunların elimine edilmesi amaçlanmaktadır. Çalışanların sürece adapte olması sağlanmalı ve makine yetkinlikleri artırılmalıdır. Ayrıca çıkabilecek olası sorunların azaltılması için otonom bakım ve kestirimci bakım gibi faaliyetler gerçekleştirilmelidir.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR2311 = Bakım personelinin bilgilendirilmesi

FR2312= Operatörün makine yetkinliğinin artırılması

FR2313=Ön iyileştirmelerin yapılması

FR2314=Olası sorunların engellenmek istenmesi

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 2311, FR2312 ve FR 2313'ü karşılamak üzere seçilmiştir:

DP2311 = Personel eğitiminin verilmesi

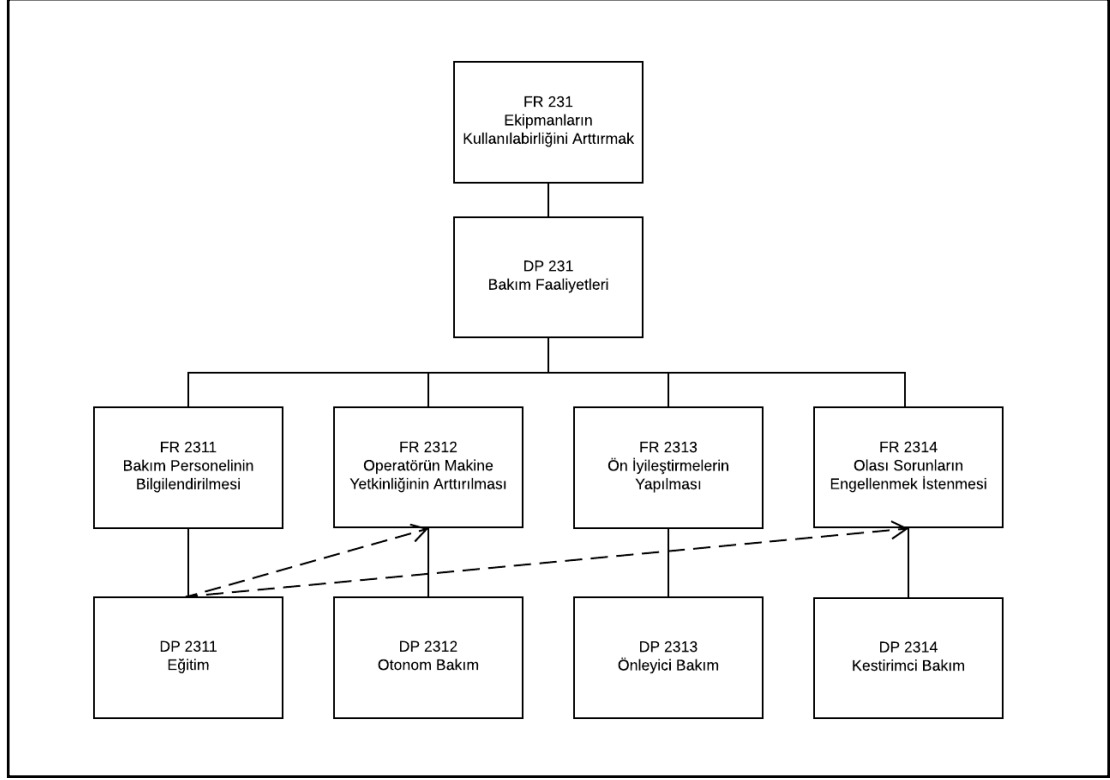
DP2312= Otonom bakım

DP2313= Önleyici bakım

DP2314=Kestirimci bakım

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR2311 \\ FR2312 \\ FR2313 \\ FR2314 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & & \\ X & X & & \\ & & X & \\ X & & & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP2311 \\ DP2312 \\ DP2313 \\ DP2314 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.16. FR231'in Ayrıştırılması

11.1.17. Hataya Anında Müdahale Edilmesi

Hatanın oluşmadan önlenmesi veya hataya anında müdahale edilebilmesi düşüncesiyle insan makine etkileşiminin uyumlu olması amaçlanır. Bu kapsamda öncelikle çalışan kaynaklı hataların azaltılabilmesi için Poka-Yoke çalışmaları yapılmalıdır. Ayrıca makine-çalışan arasındaki hataya tepki hızının artırılması amacıyla andon görsel kontrol araçlarının kullanılması gerekmektedir. Tüm bu süreçlere çalışan katılımının ve eğitimlerinin sağlanabilmesi için tek nokta eğitimleri önem arz etmektedir.

Sözü edilen fonksiyonel ihtiyaçlar aşağıdaki şekilde yazılabilir:

FR2321 = Hata olmadan önlenmek istenmesi

FR2322= Görsel kontrol araçlarının kullanılması

FR2323=Çalışanların sürece adapte edilmesi

Aşağıdaki tasarım parametreleri FR 2321, FR2322 ve FR 2323'ü karşılamak üzere seçilmiştir:

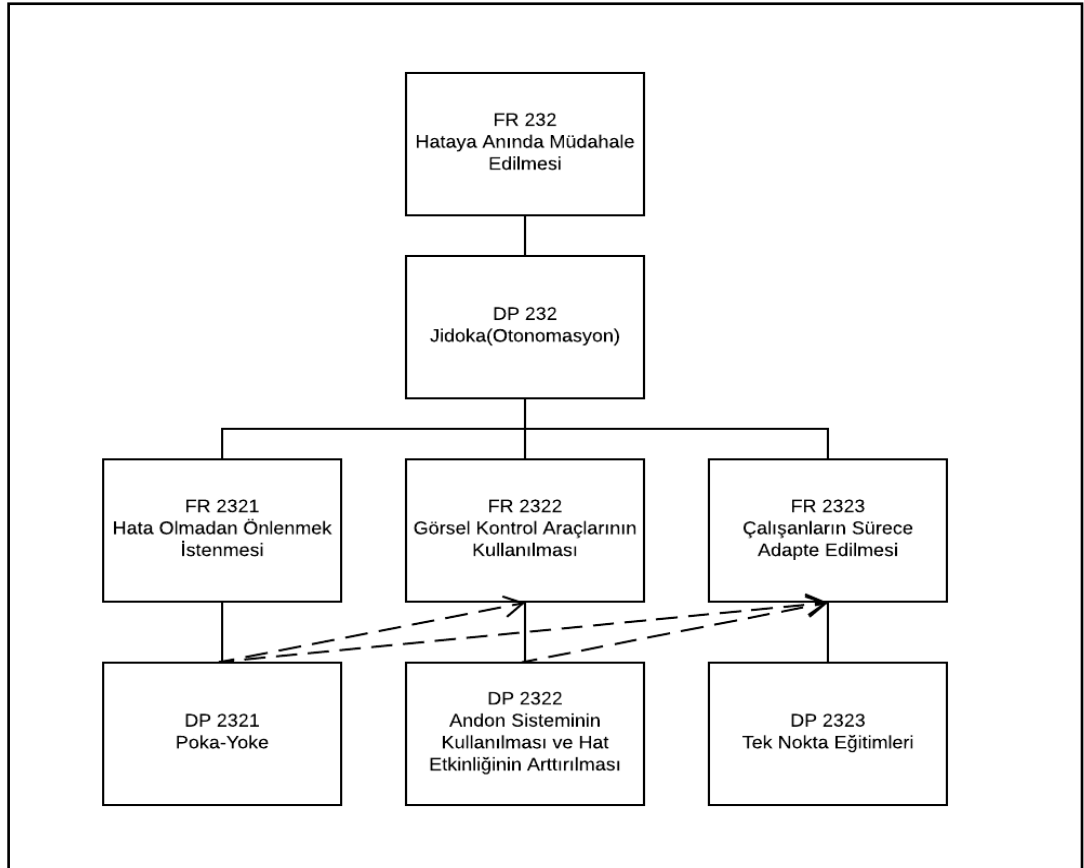
DP2321 = Poke-Yoke

DP2322= Andon sisteminin kullanılması ve hat etkinliğinin sağlanması

DP2323= Tek nokta eğitimleri

Elde edilen ayrılmış tasarım aşağıdaki tasarım matrisinde gösterilebilir:

$$\begin{bmatrix} FR2321 \\ FR2322 \\ FR2323 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP2321 \\ DP2322 \\ DP2323 \end{bmatrix}$$



Şekil 11.17. FR232'nin Ayrıştırılması

aksiyom tüm şekil konulacak

Şekil 11.18. Yalın Üretim Sisteminin AD ile Tasarımın Ayrıştırılması

11.2. Gelecek Değer Akış Haritası

Tasarım aşamasında yapılan çalışmalar neticesinde müşteri talebinin karşılanamadığı, israf kaynaklarının fazla olduğu ve katma değer yaratmayan faaliyetlerin olduğu gözlemlenmişti. Bu durumlar işletme içerisinde geleneksel üretim sistemlerinden olan itme sistemi uygulanmasının sonucudur. Sorunların çözümü için yalın üretim sistemi uygun görülmüştür. Bu kapsamda tasarım aşamasında çizilen mevcut değer haritası çizilmiş ve ulaşılmak istenen hedefler gelecek durum haritasında gösterilmiştir.

Tasarım aşamasında mevcut durum haritası kuru tip, çok hüzmeli, soğuk/sıcak su sayaçları olan KDM5 ürünü baz alınarak çizilmiştir. Gelecek durum haritası çizilirken farklı müşteri taleplerine aynı anda cevap verebilmek için işletmede üretilen diğer ürün çeşitlerine göre ürün grupları oluşturulmuştur.

Ürün özellikleri:

- Kuru tip, tek hüzmeli, soğuk/sıcak su sayaçları: KT Serisi
DN15-20, 80-190 mm
- Kuru tip, çok hüzmeli, soğuk/sıcak su sayaçları: KDM Serisi
KDM5, KDM6 VE KDM7: DN20, 190 mm
- Yarı-kuru tip, çok hüzmeli, soğuk/sıcak su sayaçları: ÇYT Serisi
ÇYT1, ÇYT2, ÇYT3 ve ÇYT5: DN20, 190 mm

GELECEK DURUM HARİTASI KONULACAK

Şekil 11.19. Gelecek Durum Haritası

Mevcut durumda uzun tedarik süresi nedeniyle yüksek miktarda tutulan hammadde stoğunu azaltmak için tedarikçi ile gerekli anlaşmalar yapılarak, hammadde tedarik sıklığı haftada iki defa olacak şekilde ayarlanmıştır. Tedarik edilen hammaddeler süpermarketlerde en fazla iki buçuk gün bulundurulacak şekilde düzenlenmiştir. Üretilen ürünlerin çap ve uzunluk ölçülerini dikkate alarak grupta yapılmış ve kurulan üç hücreye atanmıştır. Oluşturulan hücreler sayesinde farklı müşteri taleplerini aynı anda karşılamak ve hücresel üretim sisteminin avantajlarından yararlanılmak istenmektedir. Kurulan hücrelerin içerisine maça, döküm, kesim ve kumlama bölümleri birleştirilmiştir. Birleştirme sonucunda eksik olan bir maça ve iki kesim-kumlama ekipmanları temin edilecektir. Her hücrede birer çalışan bulunacaktır. Hücrelerin konumlandırılması fabrikada bulunan döküm ocağı dikkate alınarak yapılmıştır.

Birinci hücrede KT serisi, ikinci hücrede KDM serisi, üçüncü hücrede ise ÇYT serisi üretilmektedir. Mevcut durumda KDM5 ürününün çevrim süresi baz alınarak diğer ürünlerin çevrim süreleri hipotetik olarak hesaplanmıştır. Birinci hücrenin çevrim süresi 18,5 ikinci hücrenin çevrim süresi 21,5, üçüncü hücrenin çevrim süresi ise 24,5 olarak hücre dar boğazına göre bulunmuştur.

Hücrelerde üretilen ürünler boyanmak üzere boyahaneye aktarılacaktır. Hücreler ile boyahane arasına her hücreye ait raf olacak şekilde süpermarket konulmuştur. İki günde bir çalıştırılan boya makinesi kırmızı ve mavi boyama imkânı olacak şekilde düzenlenmiştir. Boya makinesinin işleyişi nedeniyle sayaçların boyama işlemi partiler halinde gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle boya makinesinden sonra konumlanan süpermarketten makineye sinyal kanbanı gönderilmektedir. Boya bölümünde bir çalışan bulunacaktır.

İşleme bölümünde çalışmayan dört makine, kapasiteyi karşılayabilmek için aktifleştirilmiştir. Böylece işleme bölümü toplamda altı makine ile çalışan bir proses olacaktır. İşleme bölümü ile montaj arasına süpermarket kurulacaktır. İşleme bölümünde her makinede bir çalışan olmak üzere altı çalışan bulunacaktır.

Fason olarak temin edilen üst kelepçenin tedarik süresinin uzun olması ve stok oluşturması nedeniyle işletme içerisinde üretilmesine karar verilmiştir. Talaşlı imalat bölümünde bulunan aktif olmayan dört makinenin aktifleştirilmesiyle üretim yapılacaktır. Montajdan çekme uygulanmak üzere kurulan süpermarketlere yerleştirilecektir. Üst işleme bölümünde üç çalışan bulunacaktır.

Plastik hanede üretilen parçaların FIFO ile depoya gönderilmesi ekstra taşıma masrafı ve karmaşıklığa sebep olduğu için süpermarket kurularak montajdan çekilmesi sağlanmıştır. Plastikhanede 9 çalışan bulunmaktadır.

Montaj bölümünde ise tezgâhların küçük ve taşınabilirliğinin sağladığı esneklik sayesinde sayaç montaj, mekanizma montaj ve paketleme proseslerinin bir araya getirildiği Seru üretim sistemi kurulmuştur. Hücrenin çevrim süresi, kapasite yetersizliğinden dolayı talebi karşılayamadığı için üç adet Seru kurulmuştur. Ayrıca bu sisteminin çalışan esnekliğinden faydalanılmıştır. Her hücrede üç çalışan bulunmaktadır.

Montajdan çıkan bitmiş ürünler kurulan süpermarkette sevkiyattan çekilmek üzere bekletiliyor. Ürünlerin müşteriye sevkiyatı haftada iki defa olmak üzere yapılır. Sevkiyat bir kişi tarafından yapılmaktadır.

Yapılan kaizenler;

- 21 günde bir yapılan hammadde tedariği haftada iki gün olacak şekilde düzenlenmiştir.
- Maça, döküm ve kesim-kumlama bölümlerini birleştirecek şekilde hücre kurulmuştur.
- Hücre önüne hammadde stokları yerine süpermarketler kurulmuştur.
- Maça, döküm ve kesim-kumlama bölümlerinin çevrim süreleri toplamı 46.22 iken hücre oluşturulmasıyla 24,5'a düşmüştür. Maça işlemi, hücrenin çevrim süresini belirleyen dar boğazdır.
- Döküm bölümüne havalandırma kurulmuştur.
- Ürün çeşidine göre boya makinesinin kapasitesinden tam faydalanabilecek ve farklı ürünleri çıkartabilecek şekilde iyileştirme yapılmış ve ürünler arasına metal ayraç konulmuştur.
- Üst işleme parçası fasondan alınıp üretimi fabrika içinde yapılacak şekilde ayarlanmıştır.
- Fason olarak tedarik edilen üst parçanın stok seviyesini yükseltmesi nedeniyle işletme içerisinde üretilmesi sağlanmıştır.
- İşleme bölümünde ürün çeşidine göre makine sınıflandırılması yapılmış ve her hücreye iki makine denk gelecek şekilde gruplandırma yapılmıştır. Bu şekilde hazırlık süreleri kaldırılmış olunur.

- İşleme bölümünde iki makine ile üretim yapılırken çevrim süresi 207 saniye idi. Makine sayısının arttırılması ve hazırlık sürelerinin kaldırılmasıyla bu süre 34.5 saniyeye düşürülmüştür.
- Mekanizma montaj, sayaç montaj ve paketleme bölümleri birleştirilip Seru sistemi kurulmuş ve çevrim süresi 174,66 saniyeden 100 saniyeye düşürülmüştür.
- Mevcut durumda tüm proseslere giden üretim emirleri, çekme sisteminin uygulanmasıyla son prosese gönderilecektir.
- Boya ve döküm bölümleri için iş sağlığı ve güvenliği ekipmanları kullanılması zorunlu hale getirilmiştir.
- Montaj hücrelerinden çıkan ürünler süpermarkette sevkiyata alınmak üzere 2,5 gün beklemektedir.
- Sevkiyat müşteriye haftada iki defa olacak şekilde ayarlanmıştır.
- Gerekli bölgelere 180 adet ürün kapasiteli süpermarket kurulmuştur.
- Kanban kutuları yerleştirilmiştir.
- Tüm proseslere 5S uygulaması yapılmıştır.
- Proseslerde arızaları ve zaman kayıplarını azaltmak için otonom bakım faaliyetleri yapılmıştır.

Süpermarketler;

Oluşturulan süpermarketlerin tasarımı su sayaçlarının ortalama boyutları dikkate alınarak yapılmıştır. Raf sayısı 6 ve her rafta 30 adet bulunacak şekilde 180 adet kapasiteye sahip süpermarket gerekli bölgelere kurulmuştur.

- Hammadde stoğu
- Hücre çıkışı yarı mamuller
- Boyahane çıkışı yarı mamuller
- Üst işleme çıkışı yarı mamuller
- İşleme çıkışı yarı mamuller
- Plastikane çıkışı yarı mamuller
- Montaj çıkışı yarı mamuller

Kanban Hesaplaması

Sistemde bir gün içerisinde üretim alanında döngüye girecek kanban sayısının hesaplaması şu şekildedir:

$$\frac{\text{Günlük Müşteri Talebi} * \text{Süpermarketi Tekrar Doldurma Süresi}}{\text{Taşıyıcı Kapasitesi}}$$

Sistemde çevrim süreleri farklılığı bölümler arası kanban ihtiyacının farklı olmasına neden olmaktadır. Kanban hesaplaması yaparken sistem üç bölüme ayrılmıştır. Bu ayırma hücre, boyahane ve diğer prosesler olarak yapılmıştır. Bölümlerin kendi içerisinde dar boğaz çevrim süreleri dikkate alınarak kanban adetleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hücre bölümünün 24,5 saniye, boyahane'nin 4,5 saniye ve diğer proseslerin 34,5 saniye olmak üzere dar boğaz çevrim süreleri alınmıştır.

$$\text{Hücre bölümü;} \quad \frac{704,54 \left(\frac{\text{adet}}{\text{gün}} \right) * 180 (\text{adet}) * 24,5 (\text{sn})}{15 (\text{adet})} \cong 3 \text{ adet}$$

$$\text{Boyahane;} \quad \frac{704,54 \left(\frac{\text{adet}}{\text{gün}} \right) * 180 (\text{adet}) * 4,5 (\text{sn})}{15 (\text{adet})} \cong 1 \text{ adet}$$

$$\text{Diğer prosesler;} \quad \frac{704,54 \left(\frac{\text{adet}}{\text{gün}} \right) * 180 (\text{adet}) * 34,5 (\text{sn})}{15 (\text{adet})} \cong 4 \text{ adet}$$

Toplam kanban sayısı 8 adettir.

11.3. Maliyet Analizi

Oluşturulan yeni sistemde işçi sayısı ve ihtiyaç duyulan ekipman adedi farklılık göstermektedir. Sistem incelendiğinde eksik makinelerin alımına, işletmede bulunan fakat aktif olmayan makinelerin aktifleştirilmesine karar verilmiştir. Bu makineler ile ilgili bilgiler aşağıdaki tabloda mevcuttur.

Tablo 11.1. Maliyet Tablosu

Makine İsmi	Adet	Bakım Yapımı	Yeniden Alım	Birim Alış Maliyeti (TL)	Birim Bakım Maliyeti (TL)
Kesim Makinesi	2	Yok	Var	53640	-
Kumlama Makinesi	2	Yok	Var	41720	-
Maça Makinesi	1	Yok	Var	38740	-
Sayaç Baskı Makinesi	2	Yok	Var	26820	-
Plastik Enjeksiyon Makinesi	6	Var	Yok	-	67000
CNC Freze Makinesi	4	Var	Yok	-	66900

Birim alış ve bakım maliyetleri piyasa şartlarına göre değişmektedir. Bu nedenle maliyetler yaklaşık olarak hesaplanmıştır.

Toplam Ekipman = $2 \cdot 53640 + 2 \cdot 41720 + 38740 + 2 \cdot 26820 + 6 \cdot 67000 + 4 \cdot 66900$
Maliyeti

= 952700 TL

İşletmede 40 mavi yaka 32 beyaz yaka çalışan bulunmaktadır. Mavi yaka çalışanların ortalama maaşları 2020 TL, beyaz yaka çalışanlarının ortalama maaşları ise 3000 TL'dir.

İşletmede SSK işveren payı %20,5 ve işsizlik işveren payı %2' dir. Toplam işçilik maliyetleri ile ilgili bilgiler aşağıdaki tabloda bulunmaktadır.

Tablo 11.2. Genel Gider Tablosu

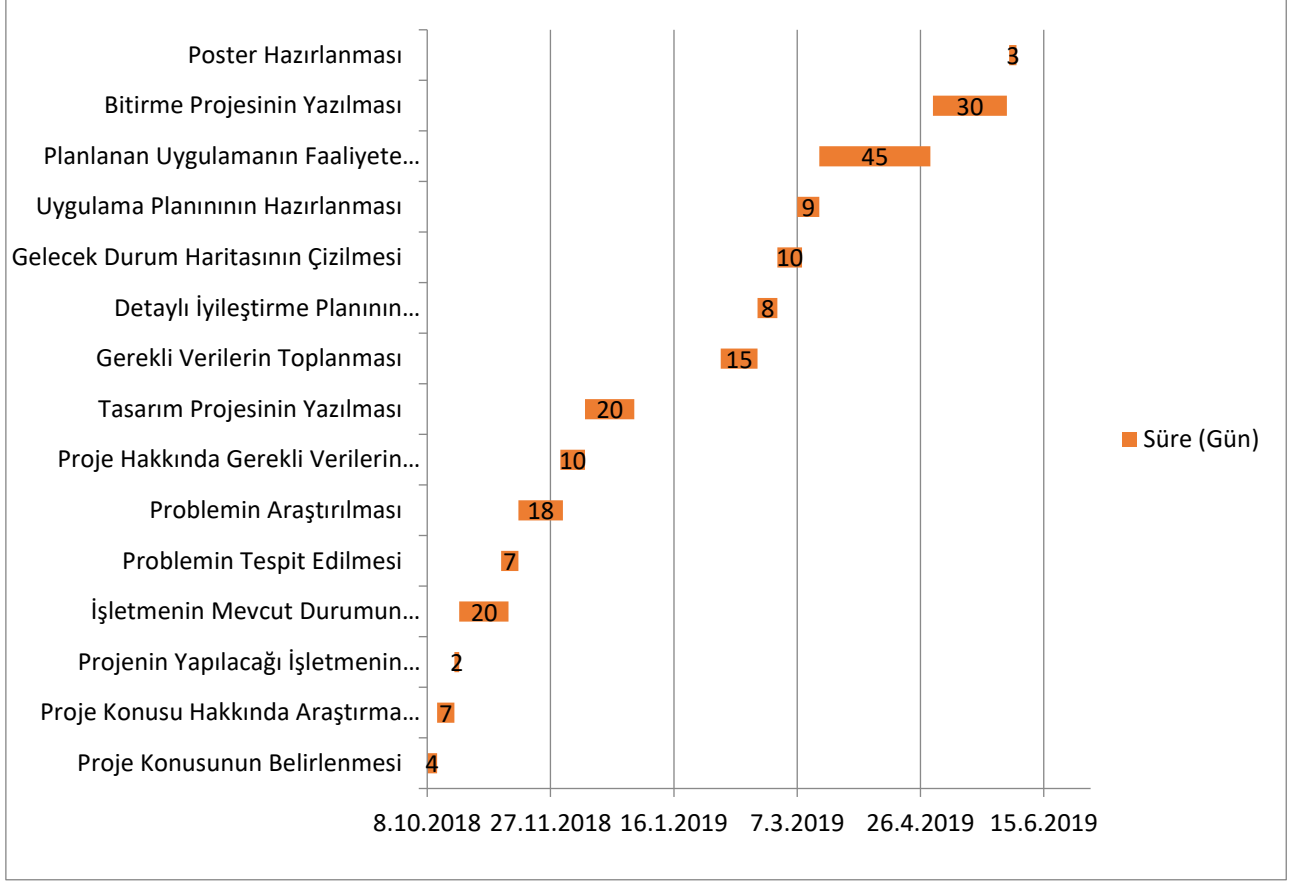
Maliyet Türü	Tutar (TL)	Miktar/Birim
Direkt İşçilik Maliyeti	80800	40
Endirekt Maliyet	16564	%20,5 SSK İşveren Payı
Endirekt Maliyet	1616	%2 İşsizlik İşveren Payı
Endirekt İşçilik Maliyeti	96000	32
Endirekt Maliyet	19680	%20,5 SSK İşveren Payı
Endirekt Maliyet	1920	%2 İşsizlik İşveren Payı

$$\text{Sabit GÜG} = 80800 + 16564 + 1616 + 96000 + 19680 + 1920 = 216580 \text{ TL}$$

12. PROJENİN GANTT ŞEMASI

Tablo 12.1. Proje Takvimi

	Tarih	Süre (Gün)
Proje Konusunun Belirlenmesi	8.10.2018	4
Proje Konusu Hakkında Araştırma Yapılması	12.10.2018	7
Projenin Yapılacağı İşletmenin Belirlenmesi	19.10.2018	2
İşletmenin Mevcut Durumun İncelenmesi	21.10.2018	20
Problemin Tespit Edilmesi	7.11.2018	7
Problemin Araştırılması	14.11.2018	18
Proje Hakkında Gerekli Verilerin Toplanması	1.12.2018	10
Tasarım Projesinin Yazılması	11.12.2018	20
Gerekli Verilerin Toplanması	4.2.2019	15
Detaylı İyileştirme Planının Yapılması	19.2.2019	8
Gelecek Durum Haritasının Çizilmesi	27.2.2019	10
Uygulama Planının Hazırlanması	7.3.2019	9
Planlanan Uygulamanın Faaliyete Geçmesi	16.3.2019	45
Bitirme Projesinin Yazılması	1.5.2019	30
Poster Hazırlanması	1.6.2019	3



Şekil 12.1. Gantt Şeması

13. SONUÇ

İmalat sektörlerinde yapılan uygulamalar sonucu yalın üretim sistemlerinin üstünlüğü ispatlanmıştır. Uygulama yapılan firmada müşteri isteklerinin karşılanamaması, kapasite yetersizliği gibi sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunlara çözüm olabilmesi için üretim sisteminin değiştirilmesi uygun görülmüştür. Bu çalışma kapsamında Yavuz Metal sanayi firmasında, aksiyomatik tasarım ilkeleri kullanılarak yalın üretim sistemine geçiş hakkında aksiyomlar alınmış ve tasarlanmıştır.

Çalışmanın yapılabilmesi ve gerçekleştirilmesi için değer akış haritalama tekniğinden faydalanılmıştır. Bunun için öncelikle firmaya ait mevcut durum haritası oluşturulmuştur. Firmanın mevcut durumu incelendiğinde yüksek stok miktarları, kullanılmayan kapasite gibi sorunların azaltılması gerektiği gözlemlenmiştir. Yalın üretim sistemine geçiş için yapılması gereken iyileştirmeler, aksiyomatik tasarımın bağımsızlık ve bilgi ilkeleri dikkate alınarak tasarım yapılmıştır. Aksiyomlarla tasarım kullanılarak gelecek durum haritası çizilmiştir. Gelecek durum haritasında sayaç üretiminin geçtiği tüm prosesleri içeren iyileştirmeler yapılmıştır. Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda müşteri temin süresi 23.13 günden 7.26 güne düşürülmüştür.

Günümüze kadar yapılan tüm çalışmalar ve uygulamalar, yalın üretim sistemlerinin süreç verimliliğini arttırdığını göstermektedir. Bu çalışmada da aksiyomlarla tasarım ile oluşturulan yalın üretim sisteminin israfları azalttığı ve daha etkin bir üretim alanı oluşturduğu gözlemlenmiştir.

14. KAYNAKÇA

[1], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32] KABADURMUŞ Ö. VE DURMUŞOĞLU M. B., Aksiyomlarla Tasarım İlkelerini Kullanarak Çekme/Kanban Üretim Sistemlerinin Tasarımı, Endüstri Mühendisliği Dergisi Makina Mühendisleri Odası Cilt: 18 Sayı: 2 Sayfa: (2-28), (2005)

[2] RAUCH E., DALLASEGA P., MATT D. T., Yalın Ürün Geliştirme Süreci Tasarımı için Aksiyomatik Tasarım Tabanlı Kılavuzlar, Procedia CIRP Cilt 34, 2015, Sayfa 112-118

[3] Babür F., Cevikcan E. ve Durmuşoğlu M. B., Yalın Yönelimli İş Sağlığı ve Güvenliği sistemleri için Aksiyomatik Tasarım: Gemi yapım endüstrisinde bir uygulama, Bilgisayarlar ve Endüstri Mühendisliği Cilt 100 , Ekim 2016 , Sayfa 88-109

[4] ÇEBİ S., Aksiyomlarla Tasarım Esaslı Bulanık Karar Destek Sistemi Geliştirme ve Bir Uygulama, 2010

[5] SARI E. B., Üretim Hattı Tasarımında Değer Akış Haritalama Tekniğinin Kullanılması, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 56. Sayı / Nisan 2018

[6] T. DANACI T., Aksiyomatik Tasarım İlkeleri İle Askeri Lojistik Ağı Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011

[7] GÜNGÖR F., Sızdırmaz Conta Malzemesinin Aksiyomatik Tasarım Medoduyla Seçilmesi, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 4, No: 1, 2017, (1-10)

[8] SHİRWAIKE R. A. VE OKUDAN G. E., TRIZ ve Aksiyomatik Tasarıma Katkısı: Bir Araştırma, Prosedür Mühendisliği Cilt 9, 2011, Sayfa 730-735,

[9] HOUSHMAND M. VE JAMSHİDNEZHAD B., Proses değişkenleri aracılığıyla yalın üretim sistemlerinin tasarım sürecinin genişletilmiş bir modeli, Robotik ve Bilgisayarla Bütünleşik İmalat, Cilt 22, 2006, Sayı 1, Sayfa 1-16

[10] PEK J., NIGHTİNGALE J. VE KİM S. G., Verimli sağlık sistemi tasarımı ve optimizasyonu için aksiyomatik yaklaşım, CIRP Yıllıkları Cilt 59, 2010, Sayı 1, Sayfa 469-472

[11] KULAK O., DURMUŞOĞLU M. B. VE TÜFEKÇİ S., Aksiyomatik tasarım ilkelerine dayanan eksiksiz bir hücreli üretim sistemi tasarım metodolojisi, Bilgisayarlar ve Endüstri Mühendisliği Cilt 48, 2005, Sayı 4, Sayfa 765-787

[12] DESHKAR A., KAMLE S., GİRİ J. VE KORDE V., Plastik poşet üretim ünitesi için Value Stream Mapping (VSM) kullanarak Yalın Üretim çerçevesinin tasarımı ve değerlendirilmesi, MaterialStoday: Proceedings, Cilt 5, 2018, Sayı 2, Bölüm 2, Sayfa 7668-7677

[13] Run-jie Lu, Yi-xiang Feng, Hao Zheng ve Jion-rong Tan, Etkileşim Tasarımı ve Aksiyomatik Tasarıma Kuramına Dayalı Bir Ürün Tasarımı, Procedia CIRP Cilt 53, 2016, Sayfa 125-129

[14] SATOĞLU Ş. I., Düzensiz Talep Koşullarında Melez Üretim Sistemlerinin Aksiyomlarla Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008

[15] Kumar M., Vaishya R. ve Parag, Yalın Üretime Yönelik Gerçek Zamanlı İzleme Sistemi, Procedia İmalatı Cilt 20, 2018, Sayfa 135-140

[16], https://www.wikizero.com/tr/Yal%C4%B1n_%C3%BCretim “Womack ve diğerleri 1990:16”

[17], <https://www.sigmacenter.com.tr/7-temel-israf.html>

[18], [19], [20], [24], [25] ARTIŞIK O., Yalın Lojistik Ve Bir 3PL Şirketinde Değer Akış Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İSTANBUL, 2008

[21] TEMİZ İ., ATASOY E., SUCU A., Toplam Ekipman Etkinliği Ve Bir Uygulama, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt: 12, Sayı: 4, Yıl: 2010, Sayfa: 49-60.

[22], [23] YILMAZ E., Siparişe Göre Üretim Yapan Sistemlerde Yalın Üretim Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İSTANBUL, 2012.

[33], KORUCU, H., ÖZDEMİR, G., GÖLEÇ, A., 2009, “Bir Üretim Sisteminin Simülasyon ve Değer Akışı Haritalandırma Yöntemleri İle Analizi”, “Fabrika/Üretim

Organizasyonlarının Yeniden Yapılandırılması ve Verimliliğin Arttırılması Yoluyla Büyüme”, O Polat (Ed), O Kulak(Ed), Y Şahin(Ed), Nobel Yayınevi, 79.

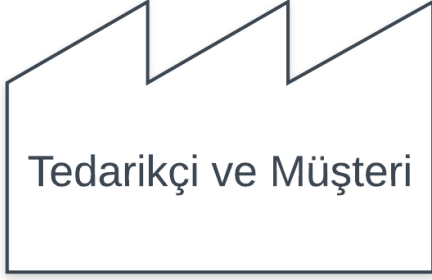
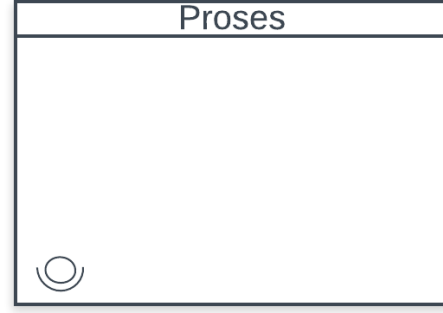
[34], SARI, E., “Üretim Hattı Tasarımında Değer Akış Haritalama Tekniğinin Kullanılması”, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, sayı: 56, 71-72, 2018).

[35], [36], YURDUGÜL, U., “Değer Akışı Haritalandırma Yöntemi ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Müh., 2010.

BULUT, K. ve ALTUNAY, H., "Değer Akışı Haritalandırma Yöntemi: Mobilya Sektöründe Bir Uygulama", "Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi", Cilt: 8, 2016, 48-55.

BİRGÜN, S., GÜLEN, K. ve ÖZKAN, K., "Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akışı Haritalama Tekniğinin Kullanılması: İmalat Sektöründe Bir Uygulama", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi", Cilt: 9, 2006, s.47-59.

ADALI, M., KİRAZ, A., AKYÜZ, U. ve HALK, B., "Yalın üretime geçiş sürecinde değer akışı haritalama tekniğinin kullanılması: Büyük ölçekli bir traktör işletmesinde uygulama", " Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi", 21(2), 2017, 242-251.

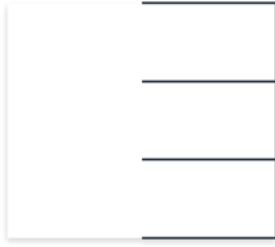
EK-1**MALZEME AKIŞI SEMBOLLERİ****DIŞ KAYNAKLAR****ÜRETİM PROSESİ****SEVKİYAT****İLK GİREN İLK ÇIKAR
SIRALI AKIŞ**



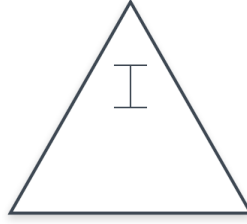
İTME OKU



BİLGİ KUTUSU



SÜPERMARKET



STOK



ÇEKME OKU

BİLGİ AKIŞI SEMBOLLERİ

ELEKTRONİK BİLGİ
AKIŞI

MANUEL BİLGİ AKIŞI



BİLGİ

GENEL SEMBOLLER

OPERATÖR

ÖZGEÇMİŞ

Esra Nur AYDIN 30 Mayıs 1997 tarihinde Konya’ da doğmuştur. Lise öğrenimini Açıköğretim Lisesinde tamamlamıştır. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başlamıştır. İstanbul Demirel Plastik ve Kalıp Sanayi’nde Temmuz- Ağustos 2018 döneminde Atölye – İmalat stajını tamamlamıştır. Şu an Karadeniz Teknik Üniversitesinde lisans eğitimine devam etmektedir.

Derya ÖZDEM 25 Şubat 1998 tarihinde Manisa’ da doğmuştur. Lise öğrenimini Çağlak Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başlamıştır. Kozlusan Isıtma Sistemleri’nde Temmuz- Ağustos 2017 döneminde Atölye – İmalat stajını tamamlamıştır. Şu an Karadeniz Teknik Üniversitesinde lisans eğitimine devam etmektedir.

Zeynep ŞAHİN 6 Mart 1996 tarihinde Çarşamba’ da doğmuştur. Lise öğrenimini Sinop Anadolu Öğretmen Lisesinde tamamlamıştır. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başlamıştır. Samsun Makine Sanayi’nde Temmuz- Ağustos 2017 döneminde Atölye – İmalat stajını tamamlamıştır. SAMP A Otomotiv’de Temmuz- Ağustos 2018 Üretim- Hizmet stajını tamamlamıştır. Şu an Karadeniz Teknik Üniversitesinde lisans eğitimine devam etmektedir.

Ayfer YILDIRIM 5 Aralık 1997 tarihinde Amasya’ da doğmuştur. Lise öğrenimini Cumhuriyet Lisesinde tamamlamıştır. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başlamıştır. EKV Fren ve Döküm Sanayi’nde Temmuz- Ağustos 2017 döneminde ve Haşcelik Sanayi firmasında Temmuz- Ağustos 2018 döneminde stajlarını tamamlamıştır. Şu an Karadeniz Teknik Üniversitesinde lisans eğitimine devam etmektedir.